

*К 125-летию со дня рождения
академика А.П. Виноградова*



АЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ
ВИНОГРАДОВ
1895–1975

«В своей жизни я не мог пройти мимо науки, так как жизнь дала мне счастливую возможность встретиться с такими выдающимися учеными, какими были В.И. Вернадский, И.В. Курчатов, М.В. Келдыш.»

A handwritten signature in black ink, appearing to be "А. И. Лейпунский". The signature is written in a cursive style with a long horizontal stroke at the end.

А. П. ВИНОГРАДОВ

Полное собрание трудов

**ХИМИЧЕСКИЙ
ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ
СОСТАВ
ОРГАНИЗМОВ МОРЯ**

Ответственный редактор
академик Ю.А. Костицын

Москва, 2020

УДК 550.4
ББК 28.080.3
В 49

Виноградов А.П.

Полное собрание трудов в 18 т. / А.П. Виноградов; под ред. академика Ю.А. Костицына; Ин-т геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского.

ISBN 978-5-907366-20-6

Complete collection of works in 18 vol. / A.P. Vinogradov; Man. Ed. academician Yu. A. Kostitsyn; Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry (GEOKHI RAS).

ISBN 978-5-907366-20-6

Т. 1. Химический элементарный состав организмов моря / науч. ред. В.В. Ермаков; [сост. Л.Д. Виноградова]. – М.: РАН – 2020. – 768 с.

ISBN 978-5-907366-08-4

V.1. The Chemical Elementary Composition of Marine Organisms / Sci. Ed. by V.V. Erma-
kov; [comp. by L. D. Vinogradova]. – M.: RAS –2020. – 768 P.

ISBN 978-5-907366-08-4

Первый том полного собрания трудов академика А.П. Виноградова включает монографию автора «Химический элементарный состав организмов моря», печатающуюся по тексту издания 2001 года. Она объединяет три части, изданные в 1935, 1937 и 1944 гг. с уточнениями и дополнениями на основе английского варианта 1953 г., а также 6 статей по биогеохимии морских организмов. Фундаментальная работа о содержании макро- и микроэлементов в морских организмах практически всех систематических групп, обитающих в различных регионах Мирового океана, не утратила своего значения как крупнейшее обобщение по морской и эволюционной биогеохимии.

Для специалистов, работающих в области биогеохимии, геологии, экологии моря, эволюционной биологии и палеобиогеохимии.

The first volume of the complete collection of works of academician A. P. Vinogradov includes the author's monograph «Chemical elementary composition of marine organisms», printed according to the text of the 2001 edition. It combining its three parts, published in 1935, 1937 and 1944, with clarifications and additions based on the English version of 1953, as well as 6 articles on the biogeochemistry of marine organisms. The fundamental work on the content of macro-and microelements in marine organisms of almost all systematic groups living in various regions of the world ocean has not lost its significance as the largest generalization of marine and evolutionary biogeochemistry.

For specialists working in the field of biogeochemistry, geology, marine ecology, evolutionary biology and paleobiogeochemistry.

УДК 550.4
ББК 28.080.3

ISBN 978-5-907366-20-6
ISBN 978-5-907366-08-4 (т. 1)

© Виноградов И.А., 2020

ОБЩЕЕ ПРЕДИСЛОВИЕ К СОБРАНИЮ ТРУДОВ А.П. ВИНОГРАДОВА

Вниманию читателя представляется полное собрание трудов выдающегося отечественного ученого, естествоиспытателя, основоположника ряда новых направлений в науке академика Александра Павловича Виноградова. Это был очень разносторонний исследователь, и интерес к тем или иным направлениям в науке был обусловлен естественным течением самой его жизни.

Александр Павлович родился 9 августа 1895 г. Тяга к знаниям и к науке у него проявились довольно рано, хотя многих, наверное, это могло тогда удивить. Он был старшим сыном весьма успешного, как мы сказали бы сейчас, предпринимателя, владельца сети мебельных магазинов, и, казалось бы, в дореволюционное время прямая дорога ему была в отцовское дело. Однако он выбрал себе совершенно иной путь и был верен ему всю свою жизнь.

В 1913 г. А.П. Виноградов окончил Санкт-Петербургскую военную школу лекарьских помощников и начал работать фельдшером в госпитале в отделении уха, горла и носа, при этом он готовился к экзаменам экстерном.

В 1916 г. сдал экстерном экзамены на аттестат зрелости при Кадетском корпусе, чтобы затем поступить в Императорскую военно-медицинскую академию, а с 1918 по 1924 г. он студент ВМА (но уже не Императорской). ВМА представляла собой одновременно научное, учебное и лечебное учреждение. В то время в Академии на высоком уровне было преподавание химии, органической и неорганической, что существенно повлияло на формирование интересов будущего ученого.

Слушателей Академии в армию не призывали, но из них формировали летучие санитарные и хирургические отряды. И в 1919–1920 гг. А.П. Виноградов участвовал в боевых действиях против армии генерала Юденича на подступах к Петрограду начальником перевязочного отряда. При этом в перерывах между боями он изучал химический состав ядовитых змей, обнаружил в них повышенное содержание цинка.

По возвращении к мирной жизни Александр Павлович принимает активное участие в работе студенческого химического кружка «Микрохим» в Петроградском университете. Там он знакомится с Борисом Никольским и Григорием Разуваевым, тоже будущими академиками, выдающимися химиками. Там же он встретил и свою будущую жену, Христину Густавовну Томашевскую.

В 1921 г. состоялась первая встреча А.П. Виноградова с академиком В.И. Вернадским, который приехал в Петроград по приглашению Президиума Академии наук прочитать курс лекций для широкой аудитории. Студент ВМА А.П. Виноградов своими вопросами обратил на себя внимание лектора, поэтому В.И. Вернадский пригласил его для обстоятельной беседы к себе домой. Со временем Александр Павлович стал ближайшим помощником и сподвижником В.И. Вернадского.

С 1925 г. А.П. Виноградов начал преподавать в Военно-медицинской академии на кафедре физиологической химии.

В 1926 г. В.И. Вернадский при поддержке Президиума Академии наук создал Отдел живого вещества при Комиссии естественных производительных сил Академии наук. А.П. Виноградов стал совмещать работу в Отделе с преподавательской деятельностью в ВМА. Тогда В.И. Вернадский сформулировал представления о роли живого вещества в геологии, а А.П. Виноградов возглавляет систематические исследования биогеохимии северных морей, разрабатывает методики отбора живого вещества, условий его хранения, оценки количества живого вещества в море. Эти работы ведутся на экспедиционном судне «Персей». В задачи исследования входило определение содержания главных элементов рыб и планктона Баренцева

моря. Он также организовывал экспедиции на Байкал, на Украину, на Черное море, под Ленинградом, под Москвой – по всей стране.

1 октября 1928 г. на базе Отдела живого вещества постановлением СНК СССР была создана Биогеохимическая лаборатория (БИОГЕЛ), которая со временем (в 1947 г.) превратится в ГЕОХИ АН СССР. Директором БИОГЕЛ назначен академик В.И. Вернадский. В лаборатории было два отдела – специальных методов исследования и химический, которым стал руководить старший специалист А.П. Виноградов. И по роду этой деятельности Александру Павловичу приходилось вникать как в проблемы геохимии и биохимии, так и в проблемы современной аналитической химии.

В 30-е гг. А.П. Виноградов занимался изучением геохимической деятельности организмов, развивал идеи В.И. Вернадского. Он установил, что разные виды животных имеют характерные особенности химического состава организмов. В то же время содержание элементов-примесей определяется средой обитания, на основе чего была выдвинута фундаментальная для экологии концепция биогеохимических провинций. В 1935 г. за совокупность этих работ А.П. Виноградову присвоена степень доктора химических наук (без защиты диссертации).

В 1935, 1937 и 1944 гг. вышла трехтомная монография «Химический элементарный состав организмов моря», которая воспроизводится в первом томе настоящего издания. В 1953 г. она переведена на английский язык Йельским университетом.

Тогда же были начаты первые изотопные исследования. В 1934 г. Александру Павловичу была присуждена Ленинская премия за исследования тяжелой воды, которые, по сути, положили начало развитию изотопной геохимии в нашей стране.

В 1936 г. состоялась первая зарубежная командировка А.П. Виноградова в Прагу, где он освоил метод полярографии непосредственно у основателя этого метода – профессора Гейровского, который позднее получил за него Нобелевскую премию. Вернувшись домой, Александр Павлович поставил этот метод в БИОГЕЛ.

В 1938 г. было открыто явление деления ядер урана под действием нейтронов. В энергетике началась новая эра. В 1940 г. Президиумом создана Урановая комиссия, в которую вошел и А.П. Виноградов. Он предложил тогда использовать термодиффузию для разделения изотопов урана в виде гексафторида. Начались активные исследования в этом направлении, но они были прерваны войной.

В 1941 г. костяк БИОГЕЛ был эвакуирован в Казань под руководством А.П. Виноградова, он исполняет обязанности директора лаборатории. Условия жизни в Казани были тяжелейшие, но Александр Павлович продолжает исследования, несмотря на трудности войны. Тогда он сформулировал концепцию о постоянстве состава морской воды, продолжал исследования взаимодействия организмов с косным веществом, исследовал индикаторную роль галогенов в определении источника водных флюидов. Там же, в Казани, он сформулировал главные направления дальнейшей деятельности БИОГЕЛ: изучение законов распределения редких и рассеянных элементов, геохимия изотопов, геохимия осадочных пород, физико-химический подход к изучению геохимических процессов.

В 1943 г. А.П. Виноградов избран членом-корреспондентом АН СССР. Тогда же В.И. Вернадский и А.П. Виноградов обсуждают преобразование БИОГЕЛ в Институт геохимических проблем. Они пишут об этом письмо в Президиум Академии, но тогда это письмо действия не возымело, а вскоре, 6 января 1945 г., В.И. Вернадский умер. А.П. Виноградов был утвержден директором БИОГЕЛ, которая теперь называлась Лабораторией геохимических проблем им. В.И. Вернадского.

После американской бомбардировки Японии в 1945 г. наше правительство отчетливо осознало, что такое ядерная энергия, и были предприняты все необходимые меры по форсированному созданию своей бомбы. На создание бомбы были броше-

ны все имеющиеся ресурсы страны – и людские, и материальные. Было решено создавать бомбу не на основе ^{235}U , как у американцев, а на основе ^{239}Pu , который получается облучением ^{238}U нейтронами в реакторе. Тогда понадобились современные методы аналитической химии, умение не только получать чистые вещества (например, отделять плутоний-239 от исходного урана-238), но и контролировать чистоту продуктов. И именно БИОГЕЛ была готова к решению этих задач. А.П. Виноградов был назначен руководителем комиссии по методам аналитического контроля.

Стране необходимо было в кратчайшие сроки наладить получение оружейного плутония, А.П. Виноградов принимал в этой работе активнейшее участие. В 1947 г. правительством было принято решение о превращении лаборатории в Институт геохимии и аналитической химии (ГЕОХИ) АН СССР.

В 1948–1951 гг. в Институте был разработан целый ряд методов определения плутония и других элементов – вольтамперометрия, кулонометрия, полярография, которую еще в 1936 г. Александр Павлович привез из Праги. В 1953 г. впервые в Союзе был поставлен нейтронно-активационный анализ. В те годы А.П. Виноградову оченьгодились его опыт и накопленные знания в аналитической химии, к которой он питал интерес смолоду.

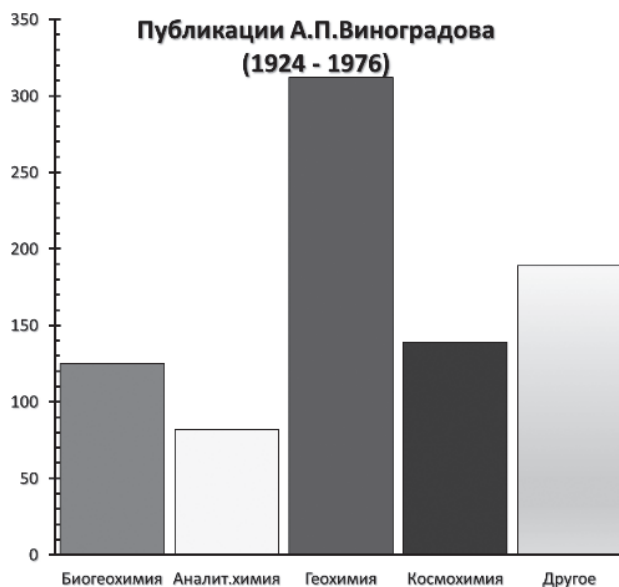
В 1953 г. А.П. Виноградов избран действительным членом Академии наук СССР. История его избрания наглядно показывает, кем и как его воспринимали члены Академии. Первоначально его кандидатура выдвигалась по аналитической химии: его заслуги в этой области были очевидны, а многие коллеги тогда его воспринимали прежде всего как специалиста в этой области. Но сам Александр Павлович считал себя геохимиком. Он добился избрания по специальности «геохимия» в Отделении геолого-географических наук. Александр Павлович – автор концепции глобальной дифференциации Земли, основатель количественных физико-химических подходов к изучению магматических и осадочных процессов, основатель такого важнейшего направления в геологии, как изотопная геохимия.

Одна из наиболее ярких страниц в истории Института геохимии и аналитической химии наряду с участием в атомном проекте – работы по космической тематике. Исследования метеоритного вещества начались задолго до полетов к Луне, Марсу, Венере. А.П. Виноградов понимал, насколько это интересное и важное направление исследований. Системный подход к изучению Земли как планеты, которому учил В.И. Вернадский, был всецело унаследован его учеником. Изучая внеземное вещество, мы понимаем, как устроена Земля. Последний доклад Александра Павловича, который он сделал в день своего восьмидесятилетия, назывался «Образование металлических ядер планет», а материалом для него послужили прежде всего знания из области метеоритики. А.П. Виноградова можно совершенно заслуженно назвать основоположником космохимических исследований в нашей стране.

Нельзя не упомянуть и преподавательскую деятельность А.П. Виноградова: он вырастил целую плеяду учеников и как профессор Университета, и как руководитель исследований в Институте, который он создал. По совету В.И. Вернадского еще в 1944 г. А.П. Виноградов начал преподавать на геолого-почвенном факультете Московского университета. Там он читал курс геохимии, который сам и составил. В 1953 г. по его инициативе была создана первая в стране кафедра геохимии, состоялся первый набор студентов по специальности «геохимия», а А.П. Виноградов стал заведующим кафедрой и 22 года читал студентам старших курсов лекции по геохимии и геохимии отдельных элементов. Многие из его студентов стали выдающимися учеными.

Более подробно о жизненном пути выдающегося ученого Александра Павловича Виноградова можно узнать из книг, специально ему посвященных (Александр

Павлович Виноградов: Творческий портрет в воспоминаниях учеников и соратников: к 110-летию со дня рождения, М.: Наука, 2005, 382 с. и Виноградова Л.Д. Я не мог пройти мимо науки... О жизни и деятельности академика А.П. Виноградова, М.: Наука, 2007, 412 с.), но даже из приведенных выше кратких, практически пунктирных сведений видно, насколько это был разносторонний и глубокий исследователь.



Эта диаграмма показывает количество публикаций А.П. Виноградова по различным направлениям науки, интересовавшим его на протяжении всей жизни. Разделение публикаций по темам в известной мере условно, т. к. во многих работах естественным образом затрагивались вопросы из разных сфер научных интересов этого выдающегося ученого. Тем не менее мы видим, что каждому из ключевых направлений своей деятельности – биогеохимии, аналитической химии, геохимии, космохимии – А.П. Виноградов посвятил многие десятки и сотни научных трудов.

Настоящее полное собрание трудов академика А.П. Виноградова запланировано в 18 томах следующего содержания:

1. Химический элементарный состав организмов моря.
2. Биогеохимия, биосфера и экологические проблемы.
3. Переписка с академиком В.И. Вернадским.
4. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах.
5. Геохимия изотопов и фотосинтез.
6. Геохронология и абсолютный возраст геологических формаций.
7. Геохимия и проблемы геологии.
8. Геохимия океана.
9. Радиохимия и методы исследований.
10. Изучение Луны.
11. Метеоритика и планетология.
12. Науковедение и статьи об ученых.
13. От редактора.
14. Лекции по «Общей геохимии» и «Геохимии отдельных элементов».

15. Выступления на Пагуошских конференциях и в прессе.
16. Выступления на заседаниях Президиума АН СССР.
17. Дневниковые записи.
18. Неопубликованные материалы.

Первый том полного собрания трудов А.П. Виноградова включает в себя книгу «Химический и элементарный состав организмов моря», впервые вышедшую в трех частях в 1935, 1937 и 1944 гг. в Трудах Биогеохимической лаборатории, а также несколько близких по тематике статей.

Академик Ю.А. Костицын

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА 1-ГО ТОМА ПОЛНОГО СОБРАНИЯ ТРУДОВ А.П. ВИНОГРАДОВА

К 30-м гг. прошлого столетия было опубликовано большое число статей о содержании отдельных химических элементов или их групп в различных организмах, обитающих в морях и океанах. Появилась необходимость систематизации этого разрозненного материала. Несмотря, казалось бы, на невыполнимость задачи, она была блестяще реализована академиком

А.П. Виноградовым, в то время еще молодым ученым, одним из талантливых учеников академика В.И. Вернадского.

Первый том полного собрания трудов академика А.П. Виноградова объединяет три монографические работы автора «Химический элементарный состав организмов моря», изданные в 1935, 1937 и 1944 гг. [5–6, 8]. Объединенный вариант этого труда был переведен на английский язык учеными Йельского университета в США и был опубликован в 1953 г. после дополнений и уточнений при участии А.П. Виноградова [29]. Резюме этой работы незамедлительно появилось в различных журналах и странах. В частности, Ф. Гирал (F. Giral) представил аннотацию труда А.П. Виноградова на испанском языке [30]. По его мнению, в целом монография профессора А.П. Виноградова является одним из тех основных столпов, которые необходимы для приближения наших знаний о химическом составе живых существ.

Версия этой книги на русском языке была издана в 2001 г. благодаря усилиям зав. Мемориальным кабинетом-музеем А.П. Виноградова – Л.Д. Виноградовой и А.И. Виноградовым [9]. 1-й том сочинений А.П. Виноградова является копией предыдущего издания [9], но в нем устранены опечатки и неточности, возникшие в результате воспроизведения текста.

В 1-й том включены также оригинальные статьи А.П. Виноградова о содержании йода и ванадия в морских организмах [2, 10], об определении массы морских животных [1], о химическом составе глубоководного коралла [4] с детальным описанием методик исследований и обсуждением полученных данных. В статье о химическом составе морского планктона [7]

А.П. Виноградов подчеркивает особенности сбора и анализа морского планктона. Его состав меняется в зависимости от места отбора и возможных гидрохимических условий.

В статье «Химический элементарный состав морских организмов в связи с вопросами их систематики и морфологии» [3] ученый акцентирует внимание на значении геохимических факторов в систематике и эволюции организмов, что перекликается с XXIII главой монографии «Химический элементарный состав организмов моря» [9].

Монография академика А.П. Виноградова представляет собой обобщение собственных и мировых данных по химическому элементному составу организмов моря, по вопросам геохимической экологии и химической систематики. Ученый выполнил многосторонний анализ химического состава организмов моря в зависимости от их систематического положения, области обитания, особенностей физико-географических и геохимических условий среды. В работе охвачены представители морских организмов от бактерий и водорослей до млекопитающих, собранные в различных частях Мирового океана. Особенно подробно дано описание морских водорослей, включая бурых, зеленых и красных особей (глава 2); иглокожих – Echinodermata (глава 14); мягкотелых – Mollusca (глава 15); членисто-

ногих – Arthropoda (глава 16) и рыб – Pisces (глава 21). Систематизированы данные по содержанию 60 химических элементов, включая макроэлементы (C, O, N, P, S, Si, K, Na, Ca, Mg, Fe, Cl) и микроэлементы (Cu, Mn, I, As, Cr, V, Ni, Co, Ge, Ga и др.). Заключительные главы книги содержат дополнительные заметки о химическом элементном составе беспозвоночных, рыб, скелетных частей животных и специальные разделы, посвященные проблемам геологии, геохимии и эволюции планеты. А.П. Виноградов свел воедино не только собственные результаты лабораторных исследований, но и многочисленные литературные данные. В работе использовано и проанализировано 2253 публикации, в основном иностранных авторов. Химический элементарный состав организмов моря (около 6000 видов) отражен в 327 таблицах. Подготовка работы длилась около 10 лет.

Необходимо подчеркнуть, прежде всего, фундаментальность труда А.П. Виноградова. В ней нашли отражение не только проблемы собственно химического элементного состава организмов (макро- и микроэлементный состав) и их участия в геохимической эволюции планеты, но и данные по биологически активным соединениям, сведения по биохимии, зоологии и эволюционной биологии. На всем протяжении книги А.П. Виноградов сравнивает химический состав видов, популяций и сообществ морских, а в ряде случаев пресноводных и наземных организмов, имеющих общие и отличительные признаки в содержании и распределении химических элементов. Основная идея книги – химический элементарный состав морских организмов как систематический признак организма.

Вторая основная особенность книги – связь организмов с химическим составом среды обитания и пищевой цепи (с химическим составом воды, осадков, пород, пищи). Третья особенность труда А.П. Виноградова – отражение особенностей изменения химического элементного состава организмов в процессе эволюционного преобразования биосферы.

Достоинство книги состоит в уникальности материала. Труд, несомненно, является справочным энциклопедическим изданием по рассматриваемым проблемам. В частности, большая часть представленных химических элементов определена достаточно точно. Поэтому имеется возможность сравнивать данные А.П. Виноградова и современные значения. Что касается систематики организмов, то в этом отношении необходимо обращаться к современным данным. Экологические и эволюционные аспекты книги созвучны существующим проблемам техногенного преобразования биосферы и имеют принципиальное значение для понимания ряда процессов миграции и трансформации химических элементов [19, 22–23, 28]. В книге заложены принципы химической экологии, которые в последующем были реализованы В.В. Ковальским в геохимической экологии [27].

Необходимо отметить, что попытки обобщения данных по химическому элементному составу организмов моря и суши предпринимались и другими учеными. Так, Уэбб (Webb) и Фирон (Feagon) в 1937 г. [31] составили таблицу из тридцати девяти химических элементов, которые обычно встречаются, и разделили их на две группы в соответствии с биологическим значением для живых существ: 18 постоянно присутствующих в организмах химических элементов и 21 переменного присутствующий химический элемент. Эти 2 класса далее подразделялись на основе концентрации химических элементов. В качестве загрязняющих веществ перечислены семь химических элементов.

В 60-х гг. прошлого столетия появились сводки о содержании химических элементов в организмах [11, 14, 20–21, 25–26], но авторы публикаций в основном заимствовали данные по морским организмам из работ А.П. Виноградова. Современные исследования во многом подтверждают и уточняют особенности химического состава морских и пресноводных организмов. Собранные воедино данные в монографии А.П. Виноградова позволяют, с некоторой долей коррекции на методы анализа

и изменения в систематике организмов, сравнить современный уровень содержания не только макроэлементов, но и микроэлементов. Этот сравнительный материал необходим для прогностических оценок биоразнообразия и теоретических обобщений, связанных с эволюцией биосферы в период ее масштабного техногенного преобразования.

Химический элементный состав морской травы *Zostera marina*, обитающей в акватории Среднего Каспия, определенный посредством РФА по основным макроэлементам (Na, Ca, Cl), практически совпадал с данными, приведенными А.П. Виноградовым [9, с. 150]. Однако значения по Mg, S и P отличались в 2–3 раза, что, по-видимому, связано с особенностями используемых методов анализа растений [15]. Вывод о концентрировании губками алюминия и меди подтверждается современными исследованиями корковых особей из семейства *Lubomirskiidae*, обитаемых в оз. Байкал [17].

Следует отметить новые данные о концентрировании металлов организмами, обитающими в пределах гидротерм. Уникальным симбиозом является взаимодействие помпейского червя (полихет) – *Alvinella pompejana* с H_2S -окисляющими нитчатými протобактериями, обитающими в районе гидротерм океана. В этой симбиотической паре помпейский червь не только предоставляет нитчатым протобактериям субстрат с оптимальным микроклиматом, но и обеспечивает их омывание свежей водой. Сам же червь поглощает выделяемые ими органические продукты, которые служат для них главным, если не единственным, источником пищи. Оказалось, что полихеты являются гипераккумуляторами металлов: до 0.7% Cd, 1% Zn, 8% Fe на сухую массу [13, 18].

Особый интерес представляют данные о дыхательных пигментах морских организмов и их геохимических функциях в различные геологические эпохи. А.П. Виноградов проявлял постоянный интерес к организмам – концентраторам микроэлементов, эволюционному значению концентрационной функции организмов. По мнению ученого, эволюция концентрационных функций биосферы в пределах отдельных типов идет в соответствии со вторым биогеохимическим принципом В.И. Вернадского: жизнь эволюционирует в сторону создания форм, усиливающих биогенную миграцию атомов в биосфере. Тем не менее ученый показал также, что некоторые биогеохимические функции биосферы получают наибольшее развитие на отдельных этапах ее эволюции, а затем резко снижают свою интенсивность.

Инновационное значение труда А.П. Виноградова очевидно. Это развитие морской фармации (лекарственные средства в борьбе с вирусными патологиями, раком, сердечно-сосудистыми заболеваниями), химии элементоорганических соединений, бионеорганической химии, биохимии микроэлементов [14, 24]. Выводы и гипотезы, изложенные в книге, составляют основу знаний по биогеохимии, учения о биосфере. Она играет ключевую роль в развитии палеонтологии, экологии и естествознания в целом.

Книга А.П. Виноградова – фундаментальный труд по биогеохимии морских экосистем, основа знаний не только о биологическом, но и о химическом разнообразии организмов. Она отражает один из периодов биогеохимического подхода к развитию учения о биосфере и ее эволюции [16] и имеет огромное научное значение для отслеживания процессов преобразования биосферы в целом.

Уникальные работы А.П. Виноградова, как и прежде, представляют несомненный интерес для широкого круга исследователей в области биогеохимии, геохимии, геологии, биохимии и экологии. Они полезны для развития биотехнологий, используемых в растениеводстве, медицине и ветеринарии. И можно не сомневаться, что к ним будут обращаться ученые и специалисты не одного поколения, несмотря на бурное развитие биогеохимии и молекулярной биологии, включая исследования по изотопии [12].

Цитируемая литература

1. Виноградов А.П. (1927). К определению веса морских животных // Доклады АН СССР. С. 123–128.
2. Виноградов А.П. (1930). Ванадий в морских организма // Доклады АН СССР. Сер. А. № 17. С. 465–467.
3. Виноградов А.П. (1931). Химический элементарный состав морских организмов в связи с вопросами их систематики и морфологии // Природа. № 3. С. 230–254.
4. Виноградов А.П. (1935). Химический состав глубоководного коралла (*Primnoa gesedaeformis* var. *Pacifica*) из Японского моря // Исследование морей СССР / под ред. К.М. Дерюгина. Л. Вып. 22. С. 54–57.
5. Виноградов А.П. (1935). Химический элементарный состав организмов моря. Часть I // Труды Биогеохимической лаборатории. Т. III. Л.: Изд-во Академии наук. 279 с.
6. Виноградов А.П. (1937). Химический элементарный состав организмов моря. Часть II // Труды Биогеохимической лаборатории. Т. IV. Л.: Изд-во Академии наук. 230 с.
7. Виноградов А.П. (1938). Химический состав морского планктона // Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии. М. Т. VII. С. 97–112.
8. Виноградов А.П. (1944). Химический элементарный состав организмов моря. Часть III // Труды Биогеохимической лаборатории. Т. VI. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 274 с.
9. Виноградов А.П. (2001). Химический элементный состав организмов моря / отв. ред. Э.М. Галимов; сост. Л.Д. Виноградова. М.: Наука, 620 с.
10. Виноградов А.П., Бергман Г.Г. (1938). Содержание йода в красных водорослях // Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии. М. Т. VII. С. 89–96.
11. Войнар А.И. (1960). Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. М.: Высшая школа. 544 с.
12. Галимов Э.М. (1982). Новые рубежи изотопной геохимии. Вестник АН СССР. № 10. С. 71–79.
13. Демина Л.Л., Галкин С.В. (2013). Биогеохимия микроэлементов в глубоководных гидротермальных экосистемах. М.: ГЕОС. 256 с.
14. Ермаков В.В., Тютиков С.Ф., Сафонов В.А. (2018). Биогеохимическая индикация микроэлементозов. М.: Издание РАН. 386 с.
15. Ермаков В.В., Жилкин А.А., Зайцев В.Ф., Карпун М.Ю. (2012). Минеральный состав морской травы семейства *Zosteraceae* Каспийского моря // Вестник АГТУ. Сер. Рыбное хозяйство. № 1. С. 48–54.
16. Колчинский Э.И. (1990). Эволюция биосферы: Историко-критические очерки исследований в СССР. Л.: Наука. 236 с.
17. Куликова Н.Н., Сайбаталова Е.В., Бойко С.М., Семитуркина Н.А., Белозерова Э.Ю., Мехоношин Ф.С., Тимошкин О.А., Сутурин А.Н. (2013). Биогеохимия корковых губок сем. *Lubomirskiidae* (Южный Байкал). Геохимия. № 4. С. 366–377.
18. Леин А.Ю., Москалев Л.И., Богданов Ю.А., Сагалевич А.М. (2000). Гидротермальные системы океана и жизнь. Природа. № 5. С. 47–55.
19. Моисеенко Т.И., Гашкина Н.А. (2010). Формирование химического состава вод озер в условиях изменения окружающей среды. М.: Наука. 266 с.
20. Романкевич Е.А. Живое вещество Земли (биогеохимические аспекты проблемы) (1988). Геохимия. № 2. С. 292–306.

21. Саенко Г.Н. (1992). Металлы и галогены в морских организмах. М.: Наука. 200 с.
22. Христофорова Н.К. (1989). Биоаккумуляция и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. Л.: Наука. 192 с.
23. Akcali I., Kuokserqin F. (2011). A biomonitoring Study: Heavy metals in macroalgae from eastern Aegean coastal areas. Mar. Pollun. Bull. No. 62(3). Pp. 637–645.
24. Besednova N.N. (2014). Sea hydrobionts – potential sources of drugs. Health Medical Ecology. No. 3(57). Pp. 4–10.
25. Bowen H.J.M. (1979). Environmental chemistry of the elements. N.Y.: Acad. Press. 333 p.
26. Kabata-Pendias A. (1995). Trace elements in soils and plants, CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. Pp. 3–18.
27. Kovalsky V.V. (1979). Geochemical ecology and problems of health. Philos. Trans. Soc. I B. No. 288. Pp. 185–191.
28. Markert B., Fränzle S., Wünschmann S. (2015). Chemical Evolution: The Biological System of the Elements. Springer International Publishing, Switzerland. 295 p.
29. Vinogradov A.P. (1953). The elementary chemical composition of marine organisms / Transl. from Vinogradov's original Russian by Julia Efron and Jane K. Setlow; With bibliography ed. and newly enlarged by Virginia W. Odum, for the survey of existing knowledge of biogeochemistry American museum of natural history. New Haven: Sears foundation for marine research, Yale univ. Vol. XIV. 647 p. (Memoir Sears foundation for marine research; n°. 2).
30. Vinogradov A.P. (1953). La composición química elemental de los organismos marinos. (The Elementary Chemical Composition of Marine Organisms), trad. del ruso por Julia Efron y Jane K. Setlow; bibl. de Virginia W. Odum. Vol. XIV. 647 p. Sears Foundation for Marine Research, Mem. n°. II. New Haven, Conn.
31. Webb D.A., Fearon W.R. (1937). Studies on the ultimate composition of biological material. Pt. I. Aims, scope and methods. Roy. Dublin Soc., Sci. Proc., n.s. 21. Pp. 487–504.

Д. б. н., профессор В.В. Ермаков

ОТ СОСТАВИТЕЛЯ

Издание Полного собрания трудов академика А.П. Виноградова, вице-президента АН СССР, дважды Героя Социалистического труда, Лауреата Ленинской и 3-х Государственных премий СССР осуществляется по решению Учёного совета ГЕОХИ РАН, принятого в октябре 2019 г. в связи с исполняющимся 21 августа 2020 г. 125-летием со дня рождения учёного, и составляет 18 томов. Ответственный редактор – академик Ю.А. Костицын.

Научное наследие академика А.П. Виноградова чрезвычайно обширно и многогранно. Огромный массив публикаций (монографии, статьи, лекции, доклады, выступления, предисловия, введения и т.д.) за более, чем 50-летнюю активную и разностороннюю научную и научно-организационную деятельность, находится в формате многих областей знания. Поэтому тома формировались, во-первых, с учётом направлений научных исследований А.П. Виноградова, согласно классификации его ученика д. г.-м. н. А.А. Ярошевского, представленной в Библиография «Александр Павлович Виноградов» (Москва, «Наука, 1995) как биогеохимия, биосфера, фотосинтез, общая геохимия и геохимия земной коры и мантии Земли, геохимия изотопов и изотопная геохронология, океанология, исследования Луны и планет солнечной системы, метеоритика и ядерная химия, аналитическая химия и история науки. Во-вторых, существует огромный объём статей, докладов, выступлений и т.д. , отражающих различные виды деятельности А.П. Виноградова: научно – организационную, как организатора науки в качестве заместителя академика-секретаря ОХН АН СССР (с 1953), академика-секретаря ОНЗ АН СССР (с 1963), вице-президента АН СССР (с 1967), возглавлявшего работу Секции наук о Земле Президиума АН СССР (с 1968 по 1975); затем педагогическую деятельность, научно-редакционную, общественно-политическую и т.д. И, в-третьих, в личном фонде учёного № 1691 Архива РАН имеются неопубликованные материалы, которые также должны «увидеть свет». Таким образом, весь огромный массив трудов распределится по томам следующим образом:

Том № 1. Химический элементарный состав организмов моря
(редактор – д. б. н., профессор В.В. Ермаков).

В этот том вошла концептуальная монография, по названию которой и назван том. В монографии впервые установлен ряд закономерностей, способствующих утверждению биогеохимических идей в науке. Автор показал, что химический элементарный состав организмов моря является их видовым признаком, выработанным всей историей эволюции вида, а также продемонстрировал роль организмов как концентраторов химических элементов и показал, что фоновый состав микроэлементов в организмах отражает геохимическую обстановку и историю среды их обитания. В монографии, также впервые, были заложены принципы химической экологии, получившие совершенно новое научное осмысление в связи с современными проблемами загрязнения окружающей среды. За изучение химического элементарного состава организмов А.П. Виноградову в 1935 г. Квалификационной комиссией Президиума АН СССР была присуждена без защиты степень доктора химии, минуя степень к.х.н. В.И. Вернадский придавал это работе своего ученика и соратника исключительное значение. Он считал, что монография А.П. Виноградова «это сводка – единственная сводка в этой области, которой все будут пользоваться в той реконструкции ценностей, в которой нам всем придётся работать после изгнания немцев»^{1*}. В 1953 г. фундаментальный труд А.П. Виноградова был подготовлен

^{1*} «Переписка В.И.Вернадского и А.П.Виноградова» М., Наука, 1995, с. 303, прим. 5 к письму 315.

к изданию Йельским университетом и опубликован на английском языке в США, став достоянием мировой науки. Кроме монографии в том вошло несколько статей аналогичной тематики, прекрасно дополняющие основной труд.

Том № 2. Биогеохимия, биосфера и экологические проблемы
(редактор – д.г.-м.н. Е.М. Коробова).

В том вошло большое количество статей по проблемам биогеохимии, биосферы и экологии. Именно с биохимических исследований начался яркий путь А.П. Виноградова в науке. Изучал химический состав организмов, растений, почв, вод, горных пород и т.д. Ввел в науку новое понятие «биогеохимические провинции» – то есть области земной поверхности с избыточным или недостаточным содержанием тех или иных химических элементов, вызывающих эндемические заболевания человека и животных (зоб, урловская болезнь, флюороз и др.). Александр Павлович изучил и описал провинции с недостаточным содержанием йода, фтора, брома, молибдена кобальта, меди и др., что имело большое значение как для сельского хозяйства (применение микроэлементов в качестве удобрений), так и для медицины (лечение эндемий). Изучение микроэлементов и их народно-хозяйственного значения привело в послевоенные годы к разработке биогеохимических методов поиска рудных месторождений на основе изучения растений как концентраторов химических элементов. Биогеохимические исследования А.П. Виноградова в целом способствовали формированию и развитию биогеохимического направления в естествознании и составили фундаментальную базу для решения проблем биосферы с точки зрения изучения вопросов о происхождении жизни и загрязнения окружающей среды в результате техногенной деятельности человека.

Том № 3. Переписка с академиком В.И. Вернадским.
(редактор – академик Э.М. Галимов).

«Переписка В.И. Вернадского и А.П. Виноградова» была подготовлена к изданию Л.Д. Виноградовой в качестве редактора-составителя и издана к 100-летию со дня рождения академика А.П. Виноградова в 1995 г. под редакцией д.г.-м.н. А.А. Ярошевского. Л.Д. Виноградова проделала колоссальную работу по расшифровке писем В.И. Вернадского (личный архив А.П. Виноградова) и писем А.П. Виноградова (Архив РАН, Ф. № 518) и подготовке их к изданию. Ею также был составлен научный комментарий к письмам. Затем переписка учёных была опубликована как «Переписка с академиком А.П. Виноградовым» в 2013 г. том № 16 в Собрании сочинений академика В.И. Вернадского (отв. редактор Собрания – академик Э.М. Галимов). Для истории науки переписка учёных – бесценный материал, отражающий историю постановки и развития биогеохимических идей в СССР и в мире.

Том № 4. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах
(редактор – д. г.-м. н. Е.М. Коробова).

В томе публикуется монография «Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах», изданная в 1950 г. и удостоенная Сталинской премии в 1951 г., а также ранее опубликованные статьи по нахождению химических элементов (фтор, молибден, мышьяк, бор, хром, ванадий и др.) в почвах Союза. Монография содержит принципиально новые положения о связи организмов и среды обитания через миграцию химических элементов и вызвала большой интерес у научного сообщества. Переведена на иностранные языки: китайский (Пекин, 1954), немецкий (Берлин, 1954), английский (Нью-Йорк, 1959). Выдержала 2-ое издание в 1957 г.

Том № 5. Геохимия изотопов и фотосинтез

(редактор – академик И.В. Чернышов).

Становление и развитие исследований по изотопам в СССР принадлежит А.П. Виноградову, который по праву считается основоположником изотопной геохимии. 5-й том открывают первые работы в этой области по изучению свойств тяжёлой воды и нахождения её в земной коре, поставленных А.П. Виноградовым в Биогеохимической лаборатории АН СССР ещё в 1933 г. по предложению В.И. Вернадского. В дальнейшем развитие работ по геохимии изотопов привело А.П. Виноградова в послевоенные годы к созданию в ГЕОХИ АН СССР Лаборатории геохимии изотопов и геохронологии с целью изучения поведения изотопов как лёгких (кислорода, водорода, углерода, серы, азота), так и тяжёлых элементов (свинца, стронция) в природе. В Лаборатории А.П. Виноградов воспитал прекрасную школу высококвалифицированных геохимиков-изотопистов, в соавторстве с которыми опубликовал большую часть работ, вошедших в этот том. Кроме статей по изотопии в том вошли материалы по фотосинтезу, особое внимание среди которых следует обратить на работу, опубликованную совместно с Р.В. Тейс (ДАН АН СССР, 1941), в которой была впервые высказана идея о том, что кислород фотосинтеза образуется из воды путем её дегидрирования, а не из углекислоты, как думали раньше, что коренным образом изменило представления о механизме фотосинтеза.

Том № 6. Изотопная геохронология

(редактор – академик И.В. Чернышов).

6-ой том представлен большим количеством статей по изотопной геохронологии. А.П. Виноградов одним из первых понял значение изотопных методов для изучения природных процессов. Благодаря широкому использованию, разработанных под руководством А.П. Виноградова сотрудниками Лаборатории изотопных методов исследований (калий-аргоновый, уран-свинцовый, свинец-свинцовый, рубидий-стронциевый, радиоуглеродный) был определён возраст Земли, возраст древнейших докембрийских щитов СССР: Украинского, Балтийского, Алданского а также щитов Китая, Индии, Бразилии; была проведена корреляция докембрийских образований на всех континентах. Результаты исследований стали основополагающими для понимания раннего этапа развития Земли с целью решения вопроса об эволюции Земли как космического тела. Уместно напомнить, что метеориты, лунный грунт, доставленный на Землю межпланетными автоматическими станциями «Луна-16», «Луна-20» и «Луна-24» изучались всеми доступными методами, в том числе и изотопными.

Том № 7. Геохимия и проблемы геологии

(редактор – д. г.-м. н. С.А. Силантьев).

После смерти основоположников геохимии В.И. Вернадского и А.Е. Ферсмана в 1945 г., А.П. Виноградов возглавил геохимическое направление в геологии, со временем став лидером в области наук о Земле. В этом томе собран огромный материал: статьи, доклады на конференциях, конгрессах, выступления и т.д., в которых изложены новаторские идеи А.П. Виноградова в области геохимии. Важно отметить, что уже в работах послевоенного периода явно прослеживается возрастающая роль физических и химических подходов при изучении природных процессов. В 1956-ом и в 1962-ом годах А.П. Виноградов публикует новые таблицы кларков по распространённости химических элементов в земной коре, каменных метеоритах, Солнца. В нескольких крупных работах излагает свои концепции о «Химической эволюции Земли», о «Возрасте Земли»; доказывает оболочечное строение Земли с помощью механизма зонного плавления силикатной фазы; устанавливает ряд фун-

даментальных закономерностей в эволюции химического состава осадочной оболочки Земли; определяет средний химический состав важнейших пород Земли и т.д. В начале 60-х годов под редакцией А.П. Виноградова выходят в свет 2-х томный Атлас литолого-палеографических карт Русской платформы и её геосинклинального обрамления и чуть позже – 4-х томный Атлас литолого-палеографических карт СССР. Буквально переворотом в области геологических наук в 60-ые годы стали новые подходы А.П. Виноградова к изучению природных процессов. Он считал, что без разработки физико-химической теории геологических процессов на основе экспериментальной проверки и привлечения физических и химических данных, без использования математического моделирования и научно-технических средств для решения крупных задач, геология не получит дальнейшего развития и останется на позициях описательной науки. Все эти идеи и многие другие нашли своё отражение в работах этого тома.

Том № 8. Геохимия океана

(редактор- д. г.-м. н. В.Д. Корж).

Том сформирован на основе монографии А.П. Виноградова «Введение в геохимию океана», опубликованной в 1967 г. и затем в 1989 г. в серии «Избранные труды» учёного. В монографии рассматривается происхождение океанической части земной коры, солевой и водной массы Мирового океана, а также геохимия отдельных химических элементов и химические процессы, происходящие в океане. Монография содержит главы, посвящённые эволюции океана и образованию донных отложений. Том дополнен статьями по проблемам океана.

Том № 9. Радиохимия и методы исследований

(редакторы – академик Б.Ф. Мясоедов, член- корреспондент РАН В.П. Колотов).

В этот том вошли работы, связанные с деятельностью А.П. Виноградова в Советском атомном проекте по созданию атомной промышленности СССР и атомного оружия. В 40-ые-50-ые годы прошлого столетия он руководил обеспечением аналитического контроля производства урана и плутония в СССР. Том укомплектован статьями по методам исследования, которые применялись при изучении всего широкомасштабного и разнообразного комплекса проблем в области наук о Земле.

Том № 10. Изучение Луны

(редактор – академик М.Я. Маров).

Бурное развитие космической техники, наблюдавшееся с конца 50-ых годов прошлого столетия, приблизило человечество к познанию планет, сформировавшихся в принципиально отличных от земных условиях. Начало космических исследований тесным образом связано с именем А.П. Виноградова и ГЕОХИ АН СССР. А.П. Виноградову принадлежит ведущая роль в разработке национальной научной стратегии по изучению тел солнечной системы: их состава, строения, структуры. В ГЕОХИ АН СССР под его руководством разрабатывались уникальные приборы для изучения внесемного вещества (гамма-, рентгено-, масс-спектрометры, нейтронные детекторы, газоанализаторы и др.), которые устанавливались на космические аппараты, направляемые к Луне, а затем к Венере и Марсу, принёсшие первые сведения об их составе. Том сформирован на колоссальном по объёму материале по всестороннему изучению лунного грунта «реголита», доставленного на Землю из разных районов Луны межпланетными автоматическими станциями «Луна-16» и «Луна-20». Работы по изучению лунного грунта, проводимые в ГЕОХИ АН СССР под руководством А.П. Виноградова и при его огромной личной инициативе, получили международное признание.

Том № 11. Метеоритика и планетология

(редактор – академик М.Я. Маров).

Том охватывает опубликованные материалы по изучению метеоритов и планет Солнечной системы. К изучению метеоритов А.П. Виноградов обращается в послевоенные годы. Исследование метеоритного вещества Александр Павлович тесно увязывает с исследованием пород Земли с целью решения вопроса о происхождении Земли и её оболочек. Особое внимание в своих работах он уделял изучению химического и изотопного состав метеоритов; исследованию изотопного состава лёгких элементов (углерода, кислорода, серы); исследованию инертных газов в разных типах метеоритов. Им было показано, что образование алмазов связано с ударными процессами в космическом пространстве и, вероятно, с падением метеоритов на Землю. Будучи одним из руководителей исследований Тунгусского явления, проводимых Академией наук, исследовал (вместе с сотр.) количество годовых колец деревьев из района Тунгусской катастрофы и т.д. Все эти исследования содержат оригинальные результаты и интересные выводы.

Работы по космохимии планет, вошедшие в этот том, направлены на изучение прямого определения химического состава атмосферы Венеры («Венера - 4» - 1967 г. и «Венера - 5,6» – 1969 г.), а также определение радиоактивного состава пород поверхности Венеры («Венера - 8» – 1973 г.). В 1975 г. с помощью межпланетных автоматических станций «Венера 9,10» были получены первые телевизионные изображения поверхности Венеры. Изучение Марса в 1973 г. с помощью МАС «Марс - 5» дало возможность впервые измерить содержание естественных радиоактивных элементов в породах, залегающих на поверхности планеты.

Надо особо отметить, что все эти исследования оказались возможными только благодаря стратегии развития прецизионных методов анализа различных природных объектов, проводимую А.П. Виноградовым в ГЕОХИ АН СССР. Именно усилия и научный авторитет А.П. Виноградова позволили Институту занять ведущие позиции в космохимических исследованиях и стать крупнейшим международным центром по изучению Луны и планет.

Том № 12. Науковедение и статьи об учёных.

(редактор – академик Ю.А. Золотов).

Том объединяет материалы по истории науки и статьи об учёных.

Особое место в Полном собрании трудов занимают работы, посвящённые науке, её истории и развитию- науковедению, содержащие весьма важные оценки и прогнозы главнейших задач и проблем, стоящих перед наукой, а также перспективных направлений дальнейшего её развития. К месту сказать, что многие прогнозы, высказанные А.П. Виноградовым в этих работах, довольно скоро подтвердились всем ходом дальнейшего развития наук о Земле в СССР. Вторую часть тома составят воспоминания А.П. Виноградова о выдающихся учёных, соратниках, коллегах, о характеристике их научной деятельности, некрологи. Особое место в этом томе занимает большая подборка статей об академике В.И. Вернадском-учителе, соратнике, друге, в которых рассматривается выдающаяся деятельность учёного и его научное наследие с различных точек зрения.

Том № 13. От редактора

(редактор – д. г.-м. н. О.А. Луканин).

В томе отражена обширная научно-редакционная деятельность А.П. Виноградова в качестве главного редактора. Это статьи от редактора, предисловия, вступления, введения к многочисленным статьям и монографиям как советских, так и зарубежных учёных, научным журналам, сериям книг по аналитической химии,

Трудам симпозиумов, конференций, съездов, конгрессов, проводимых как в СССР, так и за рубежом и т.д. Но самой крупной работой в области редакционно-издательской деятельности является 2-х томный Атлас литолого-палеогеографических карт Русской платформы и её геосинклинального обрамления. Ч. I. Поздний докембрий и палеозой (1960-1961) и Ч. II. Мезозой и кайнозой (1961), а также 4-х томный Атлас литолого-палеогеографических карт СССР. В этой работе под руководством А.П. Виноградова принимал участие коллектив геологов более 1000 человек. Надо напомнить, что начало редакционно-издательской деятельности А.П. Виноградова относится к 1935 г., когда Александр Павлович совместно с В.И. Вернадским редактировал III-ий том «Трудов Биогеохимической лаборатории АН СССР», а также был введён в редакционную коллегию, наряду с академиком А.Е. Ферсманом (председатель), В.Г. Хлопиным и Д.И. Щербаковым, готовящегося к изданию в 1936 г. тома научных работ учеников и сотрудников академика В.И. Вернадского в связи с исполняющимся в марте 1936 г. 50-летием научной деятельности учёного. С течением времени редакционно-издательская деятельность была постоянной и настолько расширилась, что стала неотъемлемой частью многогранной деятельности А.П. Виноградова. Говоря о том, как замечательно были написаны эти небольшие вводные статьи, академик Э.М. Галимов, научный руководитель ГЕОХИ РАН, в личной беседе со мной сказал, что введение А.П. Виноградова к его статье «Геохимия стабильных изотопов углерода» (М., Недра, 1968 г., С. 3–5.), написано гораздо лучше, чем сама его статья.

Том № 14. Лекции по «Общей геохимии» и «Геохимии отдельных элементов»

(редактор – д. г.-м. н., проф. А.Ю. Бычков).

Педагогическая деятельность А.П. Виноградова представлена 2-мя курсами лекций по геохимии: «Общая геохимия» и «Геохимия отдельных элементов», которые Александр Павлович читал для студентов 4-ого и 5-ого курсов, будучи организатором и заведующим кафедры геохимии геологического факультета МГУ. Надо заметить, что заветной мечтой А. П. Виноградова было издание лекций по геохимии при соей жизни, но из-за чрезмерной занятости эта мечта так и осталась неосуществлённой. Сотруднику кафедры геохимии проф. Андрею Юрьевичу Бычкову удалось восстановить лекции по «Общей геохимии» с имеющейся на кафедре магнитофонной ленты с лекциями, записанными аспирантами кафедры, воспроизводящей голос лектора. Что же касается курса «Геохимия отдельных элементов», то А.Ю. Бычкову предстоит расшифровать записи лекций А.П. Виноградова (3 тетради), находящиеся в фонде № 1691 Архива РАН.

Том № 15. Выступления на Пагуошских конференциях и в прессе

(редактор – д. г.-м. н. Б.Н. Рыженко).

Как видно из названия, том включает 2-а раздела: общественно-политическая деятельность А.П. Виноградова как активного участника Международного Пагуошского движения учёных, выступающих против угрозы ядерной войны, за международную безопасность, которая отражена в его выступлениях на ежегодных встречах учёных- участников движения. 2-ой раздел представлен статьями периодической печати, а также интервью, данных А.П. Виноградовым корреспондентам различных газет и журналов по разнообразным вопросам науки и современности.

Том № 16. Выступления на заседаниях Президиума АН СССР, ОХН, ОНЗ

(редакторы – академик М.А. Федонкин, член-корреспондент РАН В.П. Колотов). В том включены стенограммы неопубликованных выступлений А.П. Виногра-

дова на заседаниях ОХН, ОНЗ и Президиума АН СССР по самым разнообразным вопросам повесток дня, находящихся в различных фондах Архива РАН. Выступления содержат критические замечания по деятельности различных структур АН СССР и академий наук союзных республик; предложения по развитию перспективных направлений исследований, предложения о том, как следует представлять деятельность Академии на международных и союзных выставках и многое, многое другое. Эти выступления А.П. Виноградова наглядно показывают его необычайную широту научных взглядов, энциклопедичность знаний, удивительную интуицию и чёткое видение решения различных проблем науки и её организации в системе Академии наук СССР.

Том № 17. Дневниковые записи

(редактор – к. г.-м. н. Е.П. Янин).

Находясь в научных командировках за рубежом и посещая крупнейшие научные центры, А.П. Виноградов вёл дневниковые записи, в которых отмечал уровень развития науки и перспективные направления научных исследований, оснащённость институтов научным оборудованием, административное устройство, особо обращая внимание на ведущую роль и развитие «университетской» науки. Весьма интересны дневники А.П. Виноградова о его первой научной командировке 1936 года во Францию и Англию с заездом в Прагу для изучения полярографического метода исследований в Лаборатории проф. Я. Гейровского. В дальнейшем он посетил многие страны мира, представляя Академию наук и нашу страну в зарубежных научных центрах, на Пагуошских конференциях, конгрессах и т.д. и каждый раз фиксировал свои впечатления о мероприятиях, в которых принимал участие. Дневники будут публиковаться впервые.

Том № 18. Неопубликованные материалы

(редактор – д. г.-м. н. М.В. Борисов).

Неопубликованные материалы – статьи, доклады, лекции, выступления и т.д., находящиеся в личном фонде А.П. Виноградова № 1691 Архива РАН, будут подготовлены к изданию как XVIII-ый том Полного собрания трудов учёного.

Ст. науч. сотр.
Л.Д. Виноградова

ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ ОРГАНИЗМОВ МОРЯ*

Глава I ВВЕДЕНИЕ

1. История накопления аналитических данных

История изучения химического элементарного состава организмов не может быть изложена изолированно от истории развития естественных наук. Сведения, относящиеся к химическому элементарному составу организмов или их частей органов, тканей и т. п., в том или ином виде разбросаны в разнообразных научных журналах и книгах. Какого-либо цельного учения о химическом элементарном составе не существовало; интерес к нему в различной степени проявлялся из разных областей знания, поэтому не было какого-либо определенного научного центра, где этот вопрос систематически освещался бы из года в год. Некоторые из научных реферативных периодических журналов среди других рефератов помещали заметки, касающиеся и рассматриваемого нами вопроса¹. Накопление данных шло независимо в разных областях знания. Изучение химического элементарного состава организмов самостоятельного значения, однако, до сих пор не получило, хотя, как мы увидим дальше, эти вопросы не были чужды ранним исследователям XIX в.

Мы вынуждены сделать некоторые исторические замечания, касающиеся развития знания о химическом элементарном составе всех организмов вообще, поскольку до сих пор история этого вопроса нигде не изложена. Это совершенно не значит, что нами здесь сколько-нибудь полно она будет исчерпана. Мы ограничимся самыми главными сведениями, напоминание о которых поможет многое понять в последующем изложении.

В истории занимающего нас вопроса много еще невыясненных мест; о многом приходится догадываться и, несомненно, еще больше будет выяснено в будущих изысканиях по истории химии.

Переходя к краткому изложению истории, мы должны помнить, что приводимые ниже, подчас отрывочные сведения были извлечены из разнородных трактовок конца XVIII и начала XIX в., а затем из более поздних и современных работ физиологов, химиков, геологов и т. д.

В накоплении данных по химическому элементарному составу организмов (в течение главным образом последних 150 лет) можно различить несколько этапов. Первый – от древних времен до Лавуазье, т. е. почти до самого конца XVIII в.; второй – далее до конца XIX в., который, в свою очередь, может быть расчленен на ряд

* Печатается по тексту книги: Виноградов А. П.. Химический элементарный состав организмов моря / Отв. ред. Э. М. Галимов; [сост. Л. Д. Виноградова]. – М.: Наука, 2001. – 620 с.: ил. (Избранные труды).

¹ С 1822 г. *Jahresberichte über die Fortschritte der physischen Wissenschaften, d. Chemie u. Mineralogie V. Berzelius*, а с 1847 по 1910 г. *Jahresberichte über die Fortschritte der Chemie und Verwandter Teile anderer Wissenschaften*, основанный von *Liebig* и *Kopp*. Позже издаются *Chemisches Centralblatt*, *Chemical Abstracts*, *Biological Abstracts* и др.

отдельных направлений в работе, и, наконец, третий этап – это последние 30–40 лет, т. е. уже результаты, полученные в наше время.

Первый этап не представляет для нас непосредственного интереса, хотя и нельзя скрыть того, что ряд сложившихся здесь представлений о химическом составе организмов удержался не только в течение всего XIX в., но дожил и до нас. Для этого периода времени труднее, чем для какого-либо другого, изложить интересующую нас сторону знания. Известный фактический материал теснейшим образом переплетался в то время с философским и другими построениями. Будущий историк подробно разберется во всей этой сложной картине, слагавшейся веками.

В древние времена знание накапливалось в результате многовекового практического опыта культурных народов того времени. Было известно, например, египтянам, грекам, народам арабской цивилизации, а затем и другим², что растения содержат золу, употреблявшуюся ими для удобрения полей, из которой затем получался поташ, так называемый *alcali vegetabile*, шедший на мыло. Нечто подобное получали жители берегов Средиземного моря из солянок и водорослей, а именно так называемую бариллу, содержащую, как можно догадаться, главным образом соду (или *alcali minerale*) и поташ. Уже в XVII в. алхимики (например, Geber³) считали поташ составной частью растений, так же как Basilius Valentinus (Iohannes Thölde). Libavius (1579) получал поташ не только из растений, но и из частей животных. Вероятно, и многие другие алхимики делали это раньше Libavius⁴.

Для удобрения полей употреблялись в древности и кости животных. Было известно о нахождении в золе *terra calcarea*. Первые сведения о нахождении извести в организмах теряются в глубокой древности⁵.

В XV–XVII вв. к этим знаниям прибавились открытия, произведенные алхимиками и несколько позже флогистиками. Brandt в 1669 г. (см. Н. Peters, 1913) открыл в моче новый элемент – фосфор, который позже Gahn (1769; см. Н.Т. Scheffer, 1779) и Scheele (1771) был извлечен из золы костей. Geoffroy (1706), Lemery (1707) доказали нахождение железа в животных, а нахождение же Fe в растениях было известно значительно раньше⁶. В 1789 г. Abilgaard находит SiO₂ в губках (см. O. Müller, 1778–1806), в растениях же она, безусловно, была обнаружена раньше, хотя известны лишь анализы табашира, принадлежащие Macie (1791) и Cavendish (см. Macie, 1791), и другие⁷, относящиеся к 1790–1792 г. Priestley (1771) открыл O₂ и почти одновременно показал его выделение растениями на свету (1772). В 1774 г. Scheele находит Mn в растениях, а Vauquelin (1807a) указывает его в животных.

В это же время ряд химиков – Klaproth (1804); Gay-Lussac (1805); Morichini (1805); Proust (1806); Berzelius (1807) и другие – находят в костях F, а в 1793 г. появляется “*Florae Fribergensis specimen*” А. Humboldt’a, где автор по существу дает первую полную сводку того, что было известно к тому времени о химическом эле-

² С тех пор как известно стало пользование огнем, человек узнал, что растения и др. при сжигании оставляют золу.

³ См. Geber (1542).

⁴ Например, Geber получал поташ из дрожжей; щелочи – из организмов жабы, лягушки и многих других. См. Olaus Borrichius (Olof Borch), 1674.

⁵ См. у Диоскорида (I век) о получении извести из раковин моллюсков и др.

⁶ См. у Lemery (1702) о содержании железа в растениях.

⁷ См. Russell (1790) и Métherie (1800). Cavendish определял удельный вес SiO₂ из табашира.

ментарном составе организмов. Он называет 13 химических элементов⁸, постоянно встречающихся в организмах. Humboldt, вероятно, непосредственно и сам сделал ряд определений SiO₂, K, Ca в растениях⁹.

На пороге XIX в., т. е. к концу флогистического периода в химии, мы встречаемся уже с хорошо известными нам крупными и гениальными химиками, в работах которых исследования элементарного состава организмов занимали, как выясняется, то или иное место. Современной дифференциации знания еще не существовало. Химик был в первую очередь естествоиспытателем, а его интересы были разнообразнее. Мы уже назвали выше Priestley, Humboldt, Vauquelin, Klaproth, Berzelius и Gay-Lussac. Укажем, что исследования химического элементарного состава организмов мы находим также и у Bergman (1791); Berthollet (1798); Fourcroy (1793, 1804); Wollaston (1809); Davy (1818); Volta, и у многих других¹⁰.

Как бы итогом всех наблюдений, произведенных до начала XIX в., является опубликование “Chemische Tabellen” John’ом, появившееся в 1814 г. В них приводятся многочисленные данные для растений и животных и их органов. Азот, сера, фосфор, сода, поташ, кремний, магnezия, известь, железо (кислород, водород, углерод) – вот перечень элементов, с которыми главным образом встречается исследователь в этой области к началу нового века. Кроме того, встречаются сведения, идущие с разных сторон, о нахождении в растениях тяжелых металлов, Cu и других (Hiegnе, 1753), но к ним следует относиться критически (см. Sarzeau, 1830). Известны были Mn и F.

К этому времени в науке совершается огромный переворот: Lavoisier начинает в химии новый путь точного количественного изучения химических явлений. За короткий срок наука обогащается многочисленными открытиями. За 20 лет было открыто около 20 новых химических элементов, т. е. примерно еще столько же, сколько их было известно к концу XIX в. В 1812 г. Courtois открывает новый химический элемент в морских водорослях – йод, а через 14 лет Balard (1826) там же находит другой новый химический элемент – бром. Одновременно усиливается течение, признающее, что для питания растений необходимы не только органические вещества, но и элементы, находимые в золе растений (см. Saussure, 1804), на чем много раньше настаивали некоторые алхимики и флогистики. Но вместе с тем долго еще продолжается спор о происхождении калия (поташа) в растениях. Получается ли поташ только после сжигания растений или он в растениях предсуществует¹¹. Подобный вопрос возникал в отношении и других химических элементов, находимых в организмах. Лишь позже, с проникновением в химию взглядов и учения Lavoisier, эти вопросы теряют всякий смысл.

С каждым годом ширится интерес к солевому питанию растений. Помимо K, а затем P, стоявших давно в центре внимания исследователей-агрохимиков, в орбиту систематических опытов входят и многие другие химические элементы. Разносторонний исследователь и философ G.Th. Fechner в своем труде “Resultate der bis jetzt

⁸ Различные окислы (terra), соли и другие соединения, отвечающие следующим химическим элементам: O, H, N, C, S, P, Na, K, Si, Al, Mg, Fe, terra ponderosa (Ba: см. Scheele, 1774–1779) и terra richteriana (Sr?).

⁹ См. с. 174 и др. Florae.

¹⁰ См. Rouelle (1777), Rückert (1789–1791) и др. О работах Lavoisier по анализу организмов, их тканей и тому подобное изложено его учеником – Séguin’ом (1801). В 1796 г. (издание 1804 г.) Снядецкий (Sniadeski) в “Theorie der organischen Wesen” приводит список химических элементов, найденных в организмах: N, H, O, C, S, P, K, Na, Ca, Mn. См. подробнее о Снядецком у В.И. Вернадского (1934).

¹¹ См. у John (1819), Senebier, Palissy (1580) и др.

untersuchten Pflanzenanalysen” в 1829 г. приводит известные ему сведения о нахождении в растениях иода, брома, алюминия и всех других ранее известных химических элементов. На значение так называемых зольных элементов и особенно химических элементов, находящихся в малых количествах, для растений указывается впервые С. Sprengel в 1831 г. и с особенной силой выдвигается в 40-х гг. Либихом (1843). Им также подчеркивается физиологическая роль тех химических элементов и веществ, которые находятся в минимуме.

С этого времени анализы растений, их частей и тому подобное становятся обязательным звеном в исследовательской и опытной работе агрохимиков. В Германии, Америке и других странах в 50-х гг. прошлого (XIX. – *Прим. ред.*) столетия организируются первые опытные станции и лаборатории. Их аналитические результаты появляются в ряде периодических журналов и в других изданиях. Постепенно создается огромный аналитический материал, который в 1871–1880 гг. сводится в виде подробного перечня анализов Wolff в двух томах. На фоне этих работ выясняются некоторые принципиальные вопросы химического состава организмов. Становится несомненным, во-первых, что растения по своему составу отличаются от той среды, в которой они развиваются, и, во-вторых, что по своему составу растения различаются между собой.

Интересно, что Либих сам произвел анализ *Lemna trisulca* и воды пруда, где она обитала. Мало того, в это время Bezold (1857)¹², близкий школе Либиха, и почти одновременно с ним ботаник Rochleder (1854) впервые в науке ставят вопрос о связи химического состава организмов с их систематическим положением¹³. С этой целью Bezold продельвает анализы разных животных, которые по своей полноте и сейчас являются почти единственными. Однако мы должны оговориться. Идеи о связи химического элементарного состава организмов с их положением в эволюционной системе (с их морфологией), по-видимому, приходили тогда многим в голову. Замечательные мысли по этому поводу мы находим у John в его книге, опубликованной в 1819 г.¹⁴, где на с. 69 в примечании он говорит: «*Это удивительное открытие побудило меня закончить сочинение, чтобы показать возможность определения основных характерных элементов в большом числе видов растений по их внешним признакам; кстати, другие опыты навели меня на мысль о возможности набросать своего рода химическую систематику растений, разумеется, очень ограниченную.*»

К непрерывно текущим анализам растений в конце XIX в. под влиянием учения Либиха, Грандо, к работам Wiegmann и Polstorf и других присоединяются многообразные исследования так называемых стимулирующих каталитических и т. п. влияний, оказываемых присутствием следов реже встречаемых химических элементов, на растения. Эти исследования с подобными же исследованиями на животных составляют вместе обширную научную литературу, включающую и данные по нахождению указанных выше элементов в этих организмах.

Параллельно с изучением химического состава растений в прошлом веке протекало изучение химического состава животных, которое шло по двум главным на-

¹² Bezold, ученик Scherer'a.

¹³ В настоящее время имеются многочисленные попытки подойти к вопросам классификации организмов на основе изучения распределения различных молекулярных соединений, встречающихся в организмах. Мы, как уже говорилось выше, на этом здесь не останавливаемся.

¹⁴ Аналогичные взгляды находим у еще более ранних натурфилософов, например, у Rouelle, упомянутого Diderot (1875), и Diderot'a (1875) в начале XVIII в. В.И. Вернадский обратил наше внимание на учение R. Grosseteste (1176–1253) о различном составе природных тел и организмов.

правлениям: одно – по пути интересов геологических и минералогических наук, а другое – по пути наук биологических. Минералог интересовался лишь составом скелетных частей, поскольку давно было известно об участии организмов в породообразовании¹⁵. Интерес второго направления был связан главным образом с изучением органических соединений, находящихся в органах и тканях организмов. Новая развивающаяся органическая химия оказывает здесь глубокое влияние.

Скелеты Invertebrata (например, раковины моллюсков), как было уже известно в древние века, состояли главным образом из CaCO_3 . Кости Vertebrata (а также и скелетные части Crustacea) содержали фосфаты [см. литературу у Vibra (1844)] и, как скоро выяснилось, могли участвовать в образовании фосфоритов. Внимание к этой области вопросов в 50-х гг. возбуждается работами Forchhammer. Им был найден впервые в морских организмах целый ряд реже встречаемых химических элементов¹⁶. Его работы по идее опережают свой век. В это время возникает вопрос об органогенном образовании не только известняков, но и доломитов, состоящих, как известно, из CaCO_3 , MgCO_3 . В скелетах некоторых морских организмов вскоре находят значительные количества MgCO_3 , тем самым надолго привлекается внимание ученых к изучению моря и морских организмов. В 1906 г. Bütschli дает критическую сводку полученных к этому времени результатов по химическому составу скелетов Invertebrata.

Гораздо сложнее были пути исследования, относимые нами к биологическому направлению. В действительности эти работы велись людьми самого различного образования и специальностей, то были гигиенисты, аптекари, врачи, биологи, химики, агрономы, зоологи, ботаники и т. д. В отличие от агрохимических и геоминералогических работ эти исследования, проводимые также в разных странах, были, однако, еще более разобщены. Результаты исследований некоторых ученых подолгу не были известны в широких научных кругах. В силу этого обстоятельства наблюдалось, что отдельные научные открытия излагались несколько раз. Другой характерной чертой этих работ было отсутствие до начала XIX в. сколько-нибудь полного освещения материала. Правда, в учебниках физиологии, а потом и физиологической химии и в других подобных книгах имелись специальные главы, посвященные химическому составу животных [например, С. Schmidt (1845); Schlossberger (1854) и др.]. За очень небольшим исключением, они, однако, приводили данные, относящиеся к молекулярным соединениям – белкам, жирам, углеводам и золе. Курьезно, что необходимость для животных минеральных солей была окончательно признана лишь в 80-х гг. XIX в. после опытов Forster (1878) и Лунина.

В соответствии с учением об единой протоплазме, с конца первой четверти прошлого (XIX. – *Прим. ред.*) века господствовало представление, что животные организмы и их ткани состоят из С, N, H, O, P, S и некоторых других немногих элементов, находимых обычно в золе, – К, Са, Mg, Fe.

В то время как изучение органического обмена (N, а также отчасти P и S) у животных и человека постепенно достигает к 60–80-м гг. (XIX в. – *Прим. ред.*) большого размаха и параллельно органическая химия делает исключительные успехи в изучении строения белков, жиров и т. д., собственно минеральный обмен остается несколько в стороне. Необходимых для этого аналитических данных, относящихся к животным, еще мало; в них чувствуется известный недостаток. Время от времени он восполняется появляющимися исследованиями по сравнительному изучению химического состава скелетов низших животных, а также чешуи рыб, панцирей

¹⁵ См. по этому поводу у древних авторов, например Herodotus (V в. до н. э.) и др.

¹⁶ Ва, В, Pb, Zn, а также Sr и др.

черепях, костей позвоночных и т. п., затем по изучению крови низших и высших животных, наконец, органов и целых организмов, как например: зародышей млекопитающих, человека. Вместе с тем выявляется и интерес к обмену отдельных химических элементов, таких как Ca (E. Voit), Fe и Na (Bunge, 1885a, b) и т. д. Таким путем накапливается огромный материал по содержанию не только N, P в организмах, но и Ca, Na, Fe и др. В течение короткого времени в появившихся курсах по физиологической химии животных Gorup von Besánez (1871); Krukenberg (1881–1882); Griffiths (1892), а также в книгах Quinton (1904) и Fürth (1903) содержатся новые, уже более многочисленные данные. Те из них, которые относятся главным образом к отдельным частям организмов или их органам, животным продуктам и т. п., еще более полно сводятся с 1903 г. König в его “*Chemie der menschlichen Nahrung und Genussmittel*”.

Господствующее в течение века среди биологов и медиков, как мы только что сказали, представление, отчасти сохранившееся и теперь, о том, что в состав организмов входит определенное и ограниченное число химических элементов [Ergera (1887) назвал их биогенными], невольно отвлекало внимание от реже встречаемых в животных в малых количествах химических элементов. Их считали обычно случайными и даже вредными загрязнениями («псевдонормальными», «факультативными»). С этой точки зрения становится понятным, почему находки, сделанные в самом начале прошлого (XIX. – *Прим. ред.*) века, получают признание лишь теперь. Весьма показательна история с открытием меди, иода и др. Специальные комиссии Парижской Академии наук должны были признать правильность указаний Sarzeau о нахождении Cu в организмах и исследования Chatin (1859) о широком распространении иода в организмах. Но между тем о Cu и I, их физиологическом значении было забыто в известной мере до наших дней, когда снова возник живой интерес к обмену этих элементов у животных¹⁷. Аналогичную историю пережило открытие As и других элементов. К концу XIX в. стало известно, помимо обычных элементов, нахождение в животных организмах В, Br, I, As, F, Cu и некоторых других в малых количествах (табл. 1).

Таблица 1
Дата открытия химических элементов в природе,
растениях и животных

Химический элемент	Автор и дата открытия		
	в неорганической природе	в растительных организмах	в животных организмах
C	Природный элемент известен с древних времен		
S ¹	То же		
Na*	Davy, 1807 (1808)		
K*	Davy, 1807 (1808)		
Ca*	Davy, 1808		
Mg*	Davy, 1808		

¹⁷ Известны работы специальных государственных комиссий, исследовавших содержание и других элементов в растительных и животных продуктах, – например: по As – Royal Commission on Arsenical Poisoning (Англия) и такая же в Швеции по В, I и т. д. Об Al см. Smith E.E. – *Report of Referee Board of Consulting Scientific Experts*, составленный по приказу президента Т. Рузвельта в 1908 г., упомянутый в *Aluminum Compounds in food* (1928).

Таблица 1 (продолжение)

Химический элемент	Автор и дата открытия		
	в неорганической природе	в растительных организмах	в животных организмах
P	Brand, 1669	B. Albinus, 1688	Brand, 1669 (см. Peters, 1913)
Cl	Scheele, 1774	См. Na	
Fe	Известен с древних времен	Lemery, 1707	Geoffroy ² , 1705
O	Priestley, 1771	Priestley, 1772	
H	Cavendish, 1766		
N	Rutherford, 1772		
Si*	Berzelius, 1824	См. прим. 3, табл. 1	Abilgaard, 1789
F*	Moissan, 1886	Wilson, 1849	Morichini, 1805
I	Courtois, 1812	Courtois, 1812	Fyfe, 1819
Mn	Scheele, 1774	Scheele, 1772	Vauquelin, 1807
Cu	Известен с древних времен	John ⁴ , 1814	Vauquelin, 1807
Sr*	Davy, 1808	Forchhammer, 1855	Moretti, 1813
Ba*	Davy, 1808	Scheele, 1788	Forchhammer, 1855
Al*	Oersted, 1824	Saussure (?), 1804 ⁵	
Br	Balard, 1826	Balard, 1826	Hermbstaedt, 1827
Pb	Известен с древних времен	См. прим. 6, табл. 1	
Ti*	Gregor, 1791	Aderholdt, 1852	Rees, 1834
As	Albertus Magnus, 1260 (см. G. Gratarolus, 1561)	Orfila, 1838 (1841)	Orfila ⁷ , 1838 (1841)
Ag	Известен с древних времен	Malaguti, Durocher, Sarzeaud, 1850	Malaguti, Durocher, Sarzeaud, 1850
Tl	Crookes, 1861	Boettger, 1863	
Rb	Kirchoff, Bunsen, 1861	Bunsen, 1862	Sonstadt ⁸ , 1870
Cs	Kirchoff, Bunsen, 1861	Lippmann, 1888	Sonstadt ⁸ , 1870
Be	Wöhler, 1828, Bussy, 1828	Sestini ⁹	
Zn	Paracelsus, 1570	Forchhammer, 1865	Lechartier, Bellamy, 1877
La	Mosander, 1839 (1842)	Cossa, 1880	Schiaparelli, Peroni, 1879
Ce*	Berzelius, Hisinger, 1804	Cossa, 1880	Schiaparelli, Peroni, 1879
Di ¹⁰	Mosander, 1842 (1843)	Cossa, 1880	Schiaparelli, Peroni, 1879
B	Gay-Lussac, Thénard, 1808	Wittstein, Apoiger, 1857	Jay, 1895
Au	Известен с древних времен	Liversidge, 1897 ¹¹	Liversidge, 1897
Ar	Rayleigh, Ramsay, 1895 (1896)	Tolomei, 1897	Schloesing, Richard, 1896
Li	Arfverdson, 1817 (1818)	Kirchoff, Bunsen, 1860	Folwarezny (см. Kirchoff, Bunsen, 1861)

Таблица 1 (окончание)

Химический элемент	Автор и дата открытия		
	в неорганической природе	в растительных организмах	в животных организмах
Sm	Lecoq de Boisbaudran, 1879		Crookes, 1908 ¹²
Y*	Gadolin, 1794		Crookes, 1883
Rn	Dorn, 1900	Stoklasa и др., 1920	Tommasina, 1904
Ra	M. P. Curie, G. Bémont, 1898	Stoklasa и др., 1920	Tommasina, 1904
V*	Rio, 1801 (1804)	Bödeker (?), 1855	Henze, 1911
W*	Scheele, 1781	Cornec, 1919	
Ga	Lecoq de Boisbaudran, 1875	Cornec, 1919	Zbinden, 1930
Ni	Cronstedt, 1751	См. прим. 13, табл. 1	Вернадский, 1922
Sn	Известен с древних времен	Forchhammer, 1855 ¹⁴	Misk ¹⁵ , 1923
Sc	Nilson, 1879	Lippmann, 1925	
Co	Brandt, 1733 (1735)	Legrip, 1844	Bertrand, Mâcheboeuf, 1925
Hg	Известен с древних времен	Stock, Cucuel, 1934 ¹⁶	Stock, Cucuel, 1934
Mo*	Scheele, 1778	Demarçay, 1900	Mankin, 1928
U*	Klaproth, 1786 (1789)	Stoklasa ¹⁷ , 1932	Bishop ¹⁸ , 1928
Ge	Clemens Winkler, 1886	Cornec, 1919	Dutoit, Zbinden, 1929
Sb	Basilius Valentinus, 1611	Cornec, 1919	Chapman ¹⁹ , 1930
Cr	Vauquelin, 1797	Demarçay, 1900	Zbinden, 1930
Bi	Agricola, 1546	Cornec, 1919	Okajima, 1931
Th	Berzelius, 1829	См. прим. 20, табл. 1	См. прим. 20, табл. 1
Cd	Herman (1818b), Stromeyer, 1817 (1818)	См. прим. 21, табл. 1	Fox, Ramage, 1931
Nb*	Rose, 1844		Newell, McCollum ²² , 1931
Se	Berzelius, 1817 (1818)	Taboury, 1932	См. прим. 23, табл. 1

* Первоначально были известны в виде окислов, солей и т. п.

¹ Cadet (1769), по-видимому, один из первых экспериментально нашел и доказал присутствие S в организмах. Систематически определял S в организмах затем Proust с 1799 г.

² Еще более ранние указания о нахождении Fe в организмах даны у Pliny, Celsus. См. Lemery, 1707.

³ О содержании SiO₂ в золе растений было известно по крайней мере еще в XVII в.

⁴ Указания на возможность содержания меди в растениях появились раньше. См. Hjärne (1753) и у других флогистиков. Однако в их опытах не исключено попадание Cu из химической посуды. John первый показал, что растения извлекают Cu из почвы.

⁵ По-видимому, Al₂O₃ в растениях был известен ранее, см. Hatchinson, 1943.

⁶ См. Henkel о свинце в пыльце (1755). Сомнительно.

- ⁷ Вероятно, As найден был раньше, см., например, Couerbe (1834) и т. д.
- ⁸ Указания сомнительны. Безусловно доказано нахождение Rb в животных Ramage (1929). Новые данные см. Бурксер.
- ⁹ В растениях с почв, содержащих Be. См. Cornes (1919) Be в водорослях; W.R. Fearon нашел Be в ряде растений (1933 г.).
- ¹⁰ Дидим = Praseodym + Neodym, были разделены Carl A. von Welsbach (1886).
- ¹¹ Au указывалось ранее флогистиками и Strömm (см. Hjärne), Levenheim, Tollius, Henull, Hain, Sage (см. Rouelle, D'Arcet, 1779), что оказалось ошибочным. Данные о Au в организмах как Liversidge, так и более поздних авторов сомнительны, за исключением данных Haber (1927).
- ¹² Автором работа Crookes, изданная в 1908, в библиографии не указана.
- ¹³ По-видимому, первые указания о Ni в растениях были сделаны Forchhammer (1855).
- ¹⁴ Указано Henkel (1750) в Ginista (см. Spartium jun. и др. Physikalische Belustigungen, 1751, St. 2x. III), но это сомнительно.
- ¹⁵ См. возражение против высоких чисел Misk у Bertrand'a (1932).
- ¹⁶ Hg указывалось ранее флогистиками Hjärne (1753), Hieronimus Ludolf, что ошибочно.
- ^{17, 18} Не указывается методика определения U в растениях с почв, обогащенных U.
- ¹⁹ Краткое замечание без точных данных в растениях указывалось раньше.
- ²⁰ О нахождении Th в организмах сделан вывод на основании радиометрического определения эманации (торона). См. Бурксер, Брун, Бронштейн (1927), т. е. косвенно. Химически же определение Th сделано не было. Не исключена возможность, что эманация вызывалась присутствием MsTh, а не Th; см. также Бруновский, 1932.
- ²¹ В литературе имеются общие указания на нахождение Cd в растениях (см., например, McHargue), но оригинальные работы не приводятся. В углях Cd открыт в 1847 г.
- ²² О нахождении Nb авторы говорят с большой осторожностью.
- ²³ Tabougy нашел Se в растениях, растущих близ воды, содержащей Se. Gassmann (1916) первый настаивал на нахождении Se в организмах, но примитивность его приемов открытия Se вызвала возражение. См. Fritsch (1918, 1920). Robinson (1936) нашел Se в ядовитых образцах пшеницы, Sullivan (1933) – в злаках.
- ²⁴ Данные Sprengel (1828) на присутствие Zr в растениях не были подтверждены (однако см. Rosenthaler, Beck, 1937в).
- ²⁵ У Rosenthaler (1938) есть нечеткие указания на присутствие как Nb, так и Ta в золе растений.
- ²⁶ Однако Ishibashi и Sahara (1940) пытались обнаружить Re в морских водорослях Японии.
- ²⁷ Указания на суммарное содержание в организмах редкоземельных элементов даны Черняком, И.Д. Борнеман-Старынкевич, Боровиком, Боровским (1941), М. Белой (неопубликованные данные), Robinson, Whetstone, Scribner (1938) и Lux (1939).
- ²⁸ См. Noddack, Noddack (1939).
- ²⁹ См. примечание 20 к таблице 1.

Примечание. Te, Zr, In, Ta, Hf и Re не были до сих пор обнаружены в организмах. Редкие земли (кроме Ce, La, Nd, Pr (Di), Sm, Y) не указывались в организмах²⁸. Платиновую группу Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt не находили в организмах. Газы He, Ne, Kr, Xe не изучались в организмах. Радиоактивные элементы (кроме Rn, Ra, MsTh1 и Th) не изучались в организмах.

Исключительно благодатная почва для дальнейшего развития этих исследований создается за последние годы на современном этапе истории. Baumann в 1895 г. открывает I в гормоне щитовидной железы; Bertrand в 1896 г. находит Mn в ферменте лакказе; Sautier в 1886 г. доказывает присутствие Mg в хлорофилле; ряд окислительных ферментов содержит Fe и т. д. Наряду со все возрастающим значением присутствия в организмах малых количеств различных веществ ферментов, гормонов, витаминов и т. д. растет интерес к распределению в тканях организмов следов различных химических элементов. Тяжелые металлы в этом отношении оказались более других изученными. Из таблицы 1 видно, какой исключительный подъем этого рода исследований достигается за последние годы. Успех этих исследований образовался в результате привлечения в биохимию наиболее тонких и совершенных современных физико-химических методов исследования спектроскопии, рентгеноспектроскопии, радиометрии и др. Вместе с тем появились и тенденции к исследованию распространения одного какого-либо химического элемента в ряде различных представителей животного и растительного мира (серийные определения). Таким образом, в наше время уже наметился резкий перелом в отношении к следам химических элементов,

встречающихся в организмах. Это получает отражение отчасти в специальных статьях о минеральном составе тканей и т. п. [см. у Aron, Gralka (1924); Botazzi (1925); Abderhalden (1946)] или в более или менее полных сводках, как например: “*Tabulae Biologicae*” of Junk (1925–1947)¹⁸, работы Linstow (1924) для растений, Mitolo (1932) и многих других. Появляются монографические очерки, посвященные биохимии одного какого-либо элемента, I, Mn, K, Ca, Al, Ra, дальше мы с ними познакомимся.

Но они, конечно, далеко не исчерпывают всего накопленного материала, имея в виду тот факт, что он с каждым годом множится. Попытка обобщить результаты почти 150-летней упорной и непрерывной работы, как мы увидим ниже, возникает со стороны новой отрасли знания геохимии или, точнее, биогеохимии.

2. Характер аналитического материала

Основное требование, которое мы предъявляем к аналитическим данным, вытекает из существа нашей задачи – возможно точно выяснить полный химический элементарный состав организмов. Далекое не все данные вошли в указанные выше сводки. Поэтому создается известная трудность из-за распыленности аналитического материала по всей мировой научной литературе на протяжении всего рассматриваемого периода. За это время методы анализа и даже способы выражения полученных данных претерпели большую эволюцию. Невольные ошибки аналитиков прошлого века стали очевидными только теперь. Отсутствие общепринятого универсального способа выражения данных иногда совершенно лишает возможности непосредственно сравнить результаты различных авторов. Содержание того или иного химического элемента (а часто и химического соединения) выражалось в процентах то к сырому весу объекта, то к воздушно-сырому, то к абсолютно сухому весу, к грубой золе, чистой золе и т. п., что не всегда позволяет их сохранить. Еще большие затруднения вносит отсутствие точных указаний названий видов организмов, числа особей (средняя проба), пола, возраста, места сбора и т. д. – сведений, без которых ныне нельзя обойтись при сопоставлении данных. Все эти недостатки мы относим к категории затруднений, которые в известной мере могли быть преодолены путем ли компенсации, например, многочисленными повторными определениями одного и того же объекта различными авторами или какими другими.

Главная же беда заключается в том, что вся масса чисел относится не к целым организмам, а к отдельным органам, тканям, частям и тому подобное. С точки зрения агрохимика, биохимика и так далее, было достаточно проанализировать в одном случае листья, в другом – корни или, например, печень, скелет, мясо либо кровь животного и т. п. Когда от сравнительной химической оценки целых организмов мы перейдем к сравнению состава отдельных частей и органов, поставим себе задачу дать подробную химическую топологию организма, то тогда этот материал окажется исключительно ценным. Но сейчас мы вынуждены им пользоваться, прибегая в этом случае к пересчетам, что, конечно, снижает в известной мере ценность получаемых данных. Анализ, относящийся к целым организмам, несравнимо меньше. Это, прежде всего, анализы зерен, затем воздушных частей растений и, наконец, некоторых небольших по величине животных, главным образом беспозвоночных, что обуславливалось применяемой методикой анализа. Чрезвычайно разнообразным представляется объем анализов, количество тех химических элементов, которые он включает. Прежде всего, следует сказать, что совершенно отсутствуют полные анализы организмов и даже их частей, т. е. такие, которые дают количественное содержание всех химических элементов, находимых в данном организме.

¹⁸ Появились и периодические – *Tabulae biologicae periodica*.

Наиболее полными могут быть названы анализы, заключающие определения максимум 15 химических элементов. Но их немного. Обычно называют «полными» анализы, содержащие определения N, P, S, Si, K, Na, Ca, Mg, Fe, Cl. Они составляют основной фон для растительных объектов, для животных их значительно меньше. Больше других определений P, N, K и Fe. Рядом с этим довольно много определений отдельных химических элементов в целых организмах или в их частях. Подобные сериальные анализы имеются для Cu, Mn, I, As и др., увеличившиеся особенно за последние годы. Если качественные пробы на N, P в организмах в настоящее время не представляют большого интереса, то нахождение, хотя и качественно, например, V, Cr, Ni, Co или Ge и Ga и многих других, конечно, не может быть оставлено без внимания. Касаясь определений отдельных элементов, мы должны заметить, что очень мало данных для углерода, а кислород всегда определяется по разности.

Если мы теперь ко всему сказанному попытались бы представить, в какой мере насчитывающиеся десятками тысяч уже опубликованные анализы разной полноты могли бы всесторонне изобразить химический элементарный состав всех видов организмов, то получили бы следующую картину (табл. 2).

Таблица 2
Количество видов в пределах разных классов организмов,
для которых известны химические анализы¹

Организмы	Число ныне описанных видов	Число видов анализированных											
Р а с т е н и я													
Bacteria	–	Около 50											
Fungi ²	70 000	70											
Algae	40 000	350											
Lichens	5000	25											
Bryophyta	18 000	100											
Pteridophyta	<table style="border: none;"> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black;">Lecojpodiales</td> <td rowspan="3" style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">}</td> <td rowspan="3" style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black;">7000</td> <td rowspan="3" style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">{</td> <td rowspan="3" style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black;">100</td> <td rowspan="3" style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black;">20</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black;">Equisetales</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black;">Filicales</td> </tr> </table>	Lecojpodiales	}	7000	{	100	20	Equisetales	Filicales	50			
		Lecojpodiales						}	7000		{	100	20
		Equisetales											
Filicales													
Gymnospermae	500	100											
			Angiospermae	160 000	3500								
Ж и в о т н ы е													
Protozoa ²	20 000	50											
Porifera	3000 ³	70											
Coelenterata ⁴	9000	250											
Echinodermata	4200	150											
Vermes	16 000	100											
Bryozoa	3050	25											
Brachyopoda	130	20											
Mollusca	100 000	330											
Crustacea	15 500	100											
Myriopoda	8100	–											

Таблица 2 (окончание)

Организмы	Число ныне описанных видов	Число видов анализированных											
Arachnoidea	28 000	200											
Insecta	750 000	—											
Tunicata	1600	45											
Vertebrata	<table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>Pisces</td><td rowspan="4">}</td></tr> <tr><td>Reptilia, Amphibia</td></tr> <tr><td>Aves</td></tr> <tr><td>Mammalia</td></tr> </table>	Pisces	}	Reptilia, Amphibia	Aves	Mammalia	<table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td rowspan="2">}</td><td>100</td></tr> <tr><td>50</td></tr> <tr><td rowspan="2">}</td><td>100</td></tr> <tr><td>150</td></tr> </table>	}	100	50	}	100	150
		Pisces		}									
		Reptilia, Amphibia											
		Aves											
Mammalia													
}	100												
	50												
}	100												
	150												
	70 000												

¹ Число описанных видов животных исправлено по Hesse. Сравните наши прежние подсчеты: Bull. Acad. Sci. Ukr. Phys. Math., IV. Fasc. 5, 357, 1930.

² Наши подсчеты.

³ Po de Laubenfeld (1929), 5000.

⁴ Вместе с Ctenophora.

Мы должны оговориться, что приведенный в таблице 2 подсчет условен и дает лишь общее представление. Мы нашли число видов, для которых известны анализы, таким образом, что считали не только количественные, но и качественные определения (анализы химических элементов), причем безразлично, относятся ли они к целому организму или к его части и т. п. Иными словами, число видов, для которых известны те или иные определения, взято нами по возможно высшему пределу. Что же оказывается? Только сотые, а в лучшем случае десятки процента видов организмов из всех описанных доселе зоологами и ботаниками были так или иначе химически опробованы. Это, конечно, с одной стороны, не значит, что нам известен, быть может, полный химический состав организмов в каждом случае, о чем мы уже упомянули, а с другой стороны, мы можем с известной долей осторожности переносить данные для одних видов организмов на ряд других (например, в отношении состава костей и т. п.). Из табл. 1 следует, что в настоящее время известно о нахождении в организмах более 60 химических элементов из общего числа 92, ныне открытых. Список этот далеко не полон, так как в организмах, несомненно, могут быть доказаны, например, помимо аргона, и все другие инертные газы¹⁹, поступающие в организм при вдыхании с воздухом. Вероятно, они нигде не вступают в соединения, но точно это неизвестно. Из элементов редких земель были открыты пока только церий, лантан, дидим²⁰, иттрий и самарий. Имеются все основания предполагать, что и другие редкие земли встретятся в организмах при дальнейших исследованиях²¹. Сложность определения редких земель и их разделения затрудняет эти исследования. Наконец, вместе с открытыми в организмах Rn, Ra, торий²², MsTh₁, вероятно, присутствуют и другие элементы радиоактивного ряда. Таким образом, не были обнаружены до сих пор в организмах или в их частях все элементы платиновой группы Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt и несколько других: Te, Zr, In, Ta, Hf, Re (и

¹⁹ Часто авторы, определяя N в газах из полостей, тканей организмов, замечают: «вместе с благородными газами».

²⁰ Praseodym ÷ Neodym.

²¹ При спектрографических исследованиях, ведущихся в Биохимической лаборатории Академии наук СССР над организмами, наблюдались La, Y.

²² Вероятно, MsTh₁, а не Th. См. примечание 20 к таблице 1.

элементы 85 и 87) (см. табл. 1). В пределе мы должны ожидать присутствие всех химических элементов и их изотопов, встречающихся в земной коре, вопрос лишь в том, в каких количествах они обычно находятся в организмах.

3. Химический элементарный состав живого вещества

Химический состав среды, так или иначе, отражается на химическом составе организмов. Организмы, имеющие в своем составе, например, кальций, кремний, железо или какой-либо другой химический элемент, могут существовать и развиваться только в среде, которая содержит эти химические элементы. С другой стороны, в областях биосферы, где находятся огромные массы известняков, выходы силикатовых пород, железных руд и т. п., в первую очередь могли выживать организмы, которые осваивали эти вещества, используя их либо на постройку своих скелетов, или в качестве переносчиков кислорода. Эти и другие многочисленные примеры, которые можно было бы привести, имеют целью лишь показать, что в каждом организме, в его химическом элементарном составе, мы встречаемся с известным проявлением геохимической роли данного вида организма. Вне геохимических процессов, идущих в биосфере, организмов не существует.

С этой точки зрения геохимическая роль отдельных организмов может лишь отличаться количественно. В аспекте геохимии имеет значение не один вид, а вся их совокупность – все организмы, или, как говорят, живое вещество. Одна часть этого живого вещества непосредственно связана, например, с перемещением Ca, Si, Fe и т. д., другая же – более отдаленно, через посредство длинной пищевой цепи. Участие организмов в обмене того или иного химического элемента в земной коре будем называть геохимической функцией живого вещества. Одни геохимические функции являются общими всему живому веществу планеты, например: кислородная, азотная и др. Другие же более специализированы и принадлежат иногда огромной армии организмов, концентрирующих, например, V, F и многие другие химические элементы, особенно те из них, которые находятся в состоянии рассеяния. Это так называемые кремниевые, железные и т. п. организмы-концентраторы. Именно подобные организмы, как правило, являются породообразователями. Между средой и организмом идет непрерывный обмен веществ – среда и организмы непрерывно связаны общей историей атомов химических элементов. Отсюда вытекает необходимость для геохимика ближе подойти к химическому элементарному составу организмов всего живого вещества и обратно, химический элементарный состав организмов может быть понят и объяснен исходя из геохимических представлений.

Как мы уже говорили выше, вопрос о химическом элементарном составе не получил самостоятельного значения и являлся своего рода подспорьем для решения частных многочисленных вопросов. В 1916 г. академик В.И. Вернадский подходит к самому существу проблемы и в ряде статей освещает всесторонне значение этой проблемы исходя из геохимических представлений. Им впервые делается подсчет всей массы живого вещества планеты, вводится понятие о среднем химическом элементарном составе вида, биогенной миграции элементов и т. д. В настоящее время основные понятия о биосфере сделались распространенными и за пределами геолого-минералогических наук, поэтому мы не будем здесь касаться общих вопросов (см. Вернадский, 1934).

Нам хотелось бы остановиться на тех выводах, которые из этого следует сделать в отношении более частной проблемы – химического состава организмов. С геохимической точки зрения этот вопрос приобретает законченную цельность. Первым выводом, который мы можем сделать, является признание возможности не только

нахождения всех химических элементов в живом веществе (в различных организмах могут быть разные элементы), но и допущения о физиологическом значении этих элементов. По существу, вопрос, какие химические элементы составляют живое вещество, отпадает. Нарождается же другой: в каких количествах находятся они в том или другом виде организмов. Не является ли химический элементарный состав в пределах каких-либо таксономических единиц биологов так же постоянным, как и морфологические признаки этих организмов. Иными словами, не является ли химический элементарный состав видовым признаком. Поэтому понятия рода, вида и т. д. должны заключать известную геохимическую определенность. Далее, для нас ясно, что геохимические процессы, непрерывно идущие в земной коре, и эволюция химического элементарного состава живого вещества – два сопряженных процесса. Геохимическая трактовка вопроса, как мы видим, вводит нас в русло глубочайших биологических проблем. Подход к ним с указанной точки зрения возможен лишь при том условии, что мы овладеем всем материалом, сюда относящимся. Мы понимаем под этим, прежде всего, всестороннее ознакомление с данными по химическому элементарному составу организмов, до сих пор в целом недостаточно оцененными, обобщения, отсюда вытекающие, а затем дальнейшее более определенное, отвечающее нашим целям, более точное сравнительное изучение химического элементарного состава организмов. В них в настоящее время заинтересованы в равной мере и геохимия, и биохимия. В своей работе «Химический элементарный состав организмов суши и периодическая система Д.И. Менделеева» (Виноградов, 1933) на основе известного аналитического материала автор сделал попытку показать ту глубочайшую связь, которая лежит в основе химического строения организмов: связь между распределением атомов отдельных элементов в организмах и положением этих химических элементов в периодической системе.

4. Химический состав морской воды

Здесь мы позволим себе привести данные лишь о среднем химическом составе морской воды, не входя в рассмотрение ни истории вопроса, ни современных проблем, относящихся к происхождению солевого состава воды океана и возможного изменения этого состава в геологическом времени и т. п. Избежать совершенно вопроса о составе морской воды по понятным причинам мы не можем.

Океаническая вода на всем своем протяжении имеет примерно одинаковый солевой состав. В прибрежной зоне, особенно вблизи устья рек, происходит разбавление океанической воды пресной. Общее содержание солей, в среднем близкое к 3.8%, уменьшается, но соотношение между солями (ионами) остается без каких-либо значительных изменений.

Главными компонентами морской воды являются (в % солевого остатка):

Cl ⁻	55.29	Na ⁺	30.59
Br	0.19	K ⁺	1.00
SO ₄ ²⁻	0.21	Ca ²⁺	1.20
CO ₃ ²⁻	0.21	Mg ²⁺	3.72

Но, помимо этих химических элементов, в морской воде ныне обнаружено еще более 40 других.

Все вещества, содержащиеся в морской воде, находятся главным образом в виде ионов (например, все главные компоненты), затем в виде коллоидов различной степени дисперсности (это главным образом глинистые частицы и, возможно, неко-

торые органические вещества, найденные в морской воде)²³, которые составляют малую часть. Наконец, взвешенные в воде планктонные организмы, бактерии и др. Океаническая вода до дна проникнута газами атмосферы, соотношение которых с глубиной меняется вследствие разной растворимости отдельных газов в воде²⁴. Характер состояния ряда химических элементов в морской воде далеко недостаточно известен. На равновесие ионов в растворе морской воды (например, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+}) и большого ряда микрохимических элементов оказывают влияние изменение реакции морской воды, содержание CO_2 и т. п. Полной монограммы химического состава морской воды еще нет.

Изменение в содержании главных компонентов, происходящее в связи с разбавлением морской воды или от других причин, колеблется в пределах одной декады. Изменение же в содержании малых компонентов морской воды, происходящее в известной мере независимо для отдельных химических элементов, достигает тысяч раз. Причина, наиболее сильно нарушающая содержание, например, соединения азота (NO_2 , NH_3), фосфора (PO_4^{3-}), Fe, Si и т. д., лежит в развитии планктонных организмов, извлекающих эти элементы из морской воды. Планктон при своем развитии, что связано с определенным временем года, в верхних слоях воды резко меняет гидрохимическую картину: часть химических элементов им захватывается или осаждается вследствие биохимических процессов (например, CaCO_3), вследствие изменения реакции среды и т. п. причин, создавая временное обеднение. Другие элементы, наоборот, увеличиваются в зоне развития планктона (например, содержание O_2 при фотосинтезе и т. п.).

На содержание микроэлементов (B, Zn, F, Sr и др.) в морской воде впервые обратил внимание Forchhammer (1865). Однако количественная сторона находжений этих элементов в морской воде до сих пор далеко не выяснена. Что же касается круглогодичных изменений в содержании отдельных микроэлементов в морской воде, то они только начались (Si, Fe, P). Отмечают иногда изменение в содержании некоторых элементов с глубиной, вблизи берега и т. д. Несомненно, по-видимому, увеличение содержания некоторых химических элементов в природных слоях. Данных так мало, что не только невозможно нарисовать общую картину распределения микроэлементов в морской воде, но многие из них требуют проверки (Rb, Cs, Li, F, Mn, Al). Для многих химических элементов известны лишь качественные указания, а все попытки количественного определения оказались пока тщетными (V, Mo, Mn, Al) (табл. 2а).

Таблица 2а
Химический элементарный состав морской воды (1943)
(в весовых %; содержание хлора – 19.00)

O	85.82	Zn	$5.0 \cdot 10^{-6}$	Co	$1.0 \cdot 10^{-7}$
H	10.72	Ba	$5.0 \cdot 10^{-6}$	Mo	$1.0 \cdot 10^{-7}$
Cl	1.89	Li	$1.5 \cdot 10^{-5}$	Ti	$<1.0 \cdot 10^{-7}$
Na	1.056	I	$5 \cdot 10^{-6}$	Ge	$<1.0 \cdot 10^{-7}$
Mg	$1.3 \cdot 10^{-1}$	Fe	$5.0 \cdot 10^{-6}$	V	$5.0 \cdot 10^{-8}$
S	$8.8 \cdot 10^{-2}$	As	$1.5 \cdot 10^{-6}$	Ga	$5.0 \cdot 10^{-8}$
Ca	$4.0 \cdot 10^{-2}$	P	$5.0 \cdot 10^{-6}$	Th	$4.0 \cdot 10^{-8}$

²³ См. Gran, Ruud (1926).

²⁴ См. В.И. Вернадский, 1931. О классификации природных газов.

Таблица 2а (окончание)

K	$3.8 \cdot 10^{-2}$	Al	$5.0 \cdot 10^{-5}$	Ce	$3.0 \cdot 10^{-8}$
Br	$6.5 \cdot 10^{-3}$	Cu	$2.0 \cdot 10^{-6}$	Y	$3.0 \cdot 10^{-8}$
C	$2.0 \cdot 10^{-3}$	Mn	$4.0 \cdot 10^{-7}$	La	$3.0 \cdot 10^{-8}$
Sr	$1.3 \cdot 10^{-3}$	Cs	$2.0 \cdot 10^{-7}$	Bi	$<2.0 \cdot 10^{-8}$
B	$4.5 \cdot 10^{-4}$	Pb	$5.0 \cdot 10^{-7}$	Sc	$4.0 \cdot 10^{-9}$
F	$1.5 \cdot 10^{-4}$	Se	$4.0 \cdot 10^{-7}$	Hg	$3.0 \cdot 10^{-9}$
Si	$5.0 \cdot 10^{-4}$	Ni	$3.0 \cdot 10^{-7}$	Ag	$n \cdot 10^{-8}$
Rb	$2.0 \cdot 10^{-5}$	Sn	$3.0 \cdot 10^{-7}$	Au	$4.0 \cdot 10^{-10}$
N*	$1.0 \cdot 10^{-5}$	U	$2.0 \cdot 10^{-7}$	Ra	$1.0 \cdot 10^{-14}$

Качественно определены Zr, Cd, Sb, Sm, Nd, Pr, MsTh1, Rn, Cr и благородные газы.

* Связанный азот.

Геохимическая история этих элементов в море, за небольшим исключением (Si, Fe, Ca, I, Br, Al), не была еще предметом специального изучения. Судьба некоторых химических элементов (талассофильных²⁵) связана с накоплением их в осадках моря. Многое здесь должно выясниться в связи с изучением химического элементарного состава организмов моря, извлекающих и концентрирующих в виде осадков дна моря – илов, в сотни и тысячи раз, против нахождения в морской воде – большое число химических элементов. Подойти к геохимии моря с этой стороны – одна из главнейших задач, которая, по замыслу автора, должна явиться результатом настоящей работы.

²⁵ Термин введен V.M. Goldschmidt. Нами отмечалось преобладание среди них элементов с нечетным номером.

Глава II ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ МОРСКИХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

1. Общие замечания

Водоросли, начиная с кембрия, а вероятно и ранее, играли значительную роль в геохимических процессах в океане¹. Масса водорослей, если исключить фитопланктон (т. е. Diatomaceae, Суанорфусеае и отчасти Chlorophyceae и др.) и иметь в виду только прикрепляющиеся к различным субстратам в море Phaeophyceae, Rhodophyceae и Chlorophyceae, исчисляется около $n \cdot 10^{15}$ г. В среднем на каждый занятый водорослями квадратный метр поверхности дна моря приходится около 1–5 кг водорослей. Общая площадь, занятая ими², не менее $n \cdot 10^{11}$ м².

Главная масса водорослей этих трех классов распределяется в прибрежной зоне. При этом Северное полушарие много богаче ими, нежели Южное, вследствие большей протяженности береговой линии. В Атлантическом океане находятся огромные скопления некоторых видов Phaeophyceae (*Sargassum bacciferum* и др.) площадью в несколько сотен тысяч квадратных километров. Это так называемые саргассовые поля. Об их происхождении были высказаны различные мнения. Наиболее вероятно, что эти водоросли, обычно прикрепленные к субстрату, унесены в океан течением и держатся в некоторой зоне вследствие вращательных и т. п. благоприятствующих океанических течений³.

Всего описано было 40 тыс. видов водорослей. Анализы известны для 350 видов водорослей. Phaeophyceae, Rhodophyceae, Chlorophyceae располагаются в море вблизи берега по вертикальной линии в определенном порядке, образуя своеобразные и типичные биоценозы. У берегов Тихоокеанского побережья Союза и Японии, у берегов Мурмана, Скандинавии, Шотландии, Франции, Германии, на Атлантическом побережье Америки различаются несколько таких зон.

Над уровнем моря (например, на берегах Баренцева моря) встречаются *Halosaccion ramentosum*, а далее в литоральной зоне преобладают многочисленные виды Fucaceae – *F. vesiculosus* и др., затем *Rhodymenia palmata*; в сублиторальной зоне с глубины от 0 до 10–15 м в пределах высоких и средних широт находятся поля наиболее мощных современных водорослей Laminariaceae (*Laminaria*, *Alaria*), а на Тихоокеанском побережье Америки и Камчатки – огромные поля *Nereocystis*, *Macrocystis*, *Pelagophycus*. В этой же зоне и глубже встречаются поля красных водорослей, например: *Phyllophora*, *Ptilota* и др.

В более низких широтах, в теплом и тропическом морях, видовой состав водорослей меняется. В литорале вместо *Fucus* преобладают *Cystoseira*, *Sargassum*. Появляются многочисленные Corallinaceae, образующие каменные барьеры, а также Chlorophyceae, концентрирующие CaCO₃. Corallinaceae глубже других, иногда до 400 м, опускаются в море. В сублиторале совершенно исчезают *Laminaria*. В связи с изменением видового состава в широтном направлении вместе с тем изменяет-

¹ Остатки их известны с альгонка.

² Не принимаются во внимание известковые водоросли.

³ Н. Рагг (1939) показал, что эта гипотеза количественно невозможна. Он определяет массу водорослей от 4 до 10 млн т влажного веса.

ся в известном отношении и геохимическая функция водорослей, а следовательно, и химический их состав. Приведем один пример. Концентрация CaCO_3 наиболее интенсивно производится видами из теплых и тропических морей. Исключая некоторых *Corallinaceae*, имеющих широкое распространение, все другие, так называемые известковые, водоросли отсутствуют в холодных морях. С другой стороны, наиболее интенсивная концентрация иода идет в ламинариях – видах умеренных и холодных вод.

Водоросли, как и все другие организмы моря, обладают свойствами селективно извлекать из морской воды всевозможные вещества. Это основной жизненный процесс, общий для всех организмов моря, на который впервые обратил внимание Herbst. Водоросли извлекают различные ионы и коллоидные вещества из морской воды. Это положение, в общем, не может быть оспариваемо. Химический элементарный состав водорослей при сравнении его с составом морской воды и грунтов указывает, что в некоторых случаях можно допустить еще и другой источник питания. Так, целый ряд веществ в значительно больших концентрациях находится в грунтах, с которыми соприкасаются ризоиды и другие части водорослей. Последние, по общепринятому взгляду, являются лишь органами прикрепления водорослей. Вопрос о возможности извлечения водорослями концентрируемых ими элементов из грунтов, как например, алюминия, мышьяка, бора и т. д., должен быть поставлен на экспериментальную проверку. Этот вопрос касается и многих других морских организмов, чему нетрудно было бы привести примеры⁴.

Химический элементарный состав водорослей, будучи характерным для данного вида и рода, связан со всей обстановкой их местообитания. Бурые водоросли – исключительно жители моря; *Rhodophyceae*, за единичными исключениями, – это тоже морские водоросли. Среди *Chlorophyceae* известны и пресноводные и морские виды, кроме того, для отдельных видов известны формы и морские, и пресноводные.

2. Содержание воды в различных видах *Phaeophyceae*, *Rhodophyceae* и *Chlorophyceae*

Определение воды в водорослях не было произведено настоящим образом. Больше того, очень часто за содержание воды в водорослях принимают совершенно условную величину – потерю при высушивании при 100 °С и выше либо потерю при высушивании воздушно-сухих водорослей, то есть предварительно уже подсушенных на воздухе. Это дает примерно от $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{4}$ всей воды, заключающейся в живых водорослях. Данные, относящиеся к указанному роду определений, мы оставляем в стороне⁵. Что же касается данных для полного содержания воды в водорослях, то их немного, и все они получены при довольно изменяющихся условиях. Разнообразие приемов и несовершенство методов определения воды в водорослях⁶ затрудняют выяснить степень ошибки этих определений. Ошибки усугубляются еще тем, как мы увидим дальше, что водоросли, взятые в разное время года, разного возраста, содержат различные количества H_2O . Поэтому мы можем говорить лишь о некотором среднем содержании воды в том или ином виде водоросли. При

⁴ См. раздел об извлечении *Ascidiae* ванадия.

⁵ Они имеют значение в промышленности для характеристики влажности кельпа или vareка. О значении слов “kelp”, “varech”, “goémon” см. у Lingelsheim (1930).

⁶ Все известные приемы определения H_2O в организмах в лучшем случае дают ошибку около $\pm 1\%$ (и больше).

множественных и систематических определениях воды ошибки определения сглаживаются, поэтому в известной мере мы можем средние данные подобного рода сравнивать и между собой (табл. 3).

Таблица 3
Содержание воды в различных водорослях (в % живого вещества)

Водоросли	Число анализов	% H ₂ O	Место сбора	Автор, год
Chlorophyceae				
<i>Enteromorpha</i> sp.		70.83	Кольский залив, Баренцево море	[1]
<i>Ulva</i> sp.		78.0	То же	[1]
<i>Monostroma</i> sp.		82.60	”	[1]
Phaeophyceae				
<i>Nereocystis luetkeana</i>	8	92.80	Тихоокеанское побережье Канады	Cameron, 1916
	26	91.58	Калифорния, Тихий океан, США	Burd, 1915
<i>Macrocystis pyrifera</i>	38	86.08	То же	Burd, 1915
" "		87.00	”	Stewart, 1915
<i>Pelagophycus porra</i>	10	89.92	”	Burd, 1915
<i>Laminaria difitata</i>	3	87.50	Род-Айленд, США	Wheeler, Hartwell, 1893
		73.07	Бретань, Франция	Vincent, 1924
	2	83.0	Шотландия	Anderson, 1855
	Среднее	81.19		
<i>Laminaria saccharina</i>		87.49	Род-Айленд, США	Wheeler, Hartwell, 1893
	3	87.99	То же	Тот же
	3	85.38	Шотландия	Hendrick, 1892
(молодые)		87.49	Тихоокеанское побережье Канады	Cameron, 1915a
	Среднее	87.09		
<i>Saccorhiza bulbosa</i>		89.44	Бретань, Франция	Vincent, 1924
<i>Alaria esculenta</i>		82.06	Шотландия	Hendrick, 1892
<i>Egregia menziesii</i>		83.62	Калифорния, США	Burd, 1915
		83.7	Тихоокеанское побережье	Hoagland, 1915
<i>Fucus vesiculosus</i>		71.86	Бретань, Франция	Vincent, 1924
		68.17	Шотландия	Hendrick, 1916

Таблица 3 (продолжение)

Водоросли	Число анализов	% H ₂ O	Место сбора	Автор, год
	3	76.55	Род-Айленд, США	Wheeler, Hartwell, 1893
		76.00	Атлантический океан, Канада	Butler, 1931
		70.57	Шотландия	Anderson, 1855
		70.57	(Северное море?)	Bergstrand, 1872
	Среднее	72.29		
<i>Fucus serratus</i>		74.36	Бретань, Франция	Vincent, 1924
		75.40	Шотландия	Hendrick, 1916
<i>Fucus nodosus</i>	3	77.26	Род-Айленд, США	Wheeler, Hartwell, 1893
		74.00	Бретань, Франция	Vincent, 1924
		70.52	Шотландия	Hendrick, 1916
		74.31	Шотландия	Anderson, 1855
	Среднее	74.43		
<i>Fucus furcatus</i>		68.71	Тихоокеанское побережье Канады	Cameron, 1915a
<i>F. evanescens</i>		79.83	То же	Тот же
<i>Scytosiphon lomentarius</i>		91.0	Атлантическое побережье Канады	Butler, 1931
<i>Cystoseira fibrosa</i>		75.0	Бретань, Франция	Vincent, 1924
<i>Cladostephus verticillatus</i>		71.17	Род-Айленд, США	Wheeler, Hartwell, 1893
<i>R h o d o p h y c e a e</i>				
<i>Rhodymenia palmata</i>	2	86.25	Род-Айленд, США	Wheeler, Hartwell, 1893
		84.28	Бретань, Франция	Vincent, 1924
		78.20	Шотландия	Hendrick, 1892
		85.00	Атлантическое побережье Канады	Butler, 1931
	Среднее	83.64		
<i>Chondrus crispus</i>	3	75.37	Род-Айленд, США	Wheeler, Hartwell, 1893
		77.00	Атлантическое побережье Канады	Butler, 1931

Таблица 3 (окончание)

Водоросли	Число анализов	% H ₂ O	Место сбора	Автор, год
		80.00	Бретань, Франция	Vincent, 1924
		80.84	Милфорд, Коннектикут, США	Cameron, 1911
	Среднее	78.30		
<i>Porphyra laciniata</i>		86.0	Атлантическое побережье Канады	Butler, 1931
<i>Gigartina mammillosa</i>		68.0	То же	Тот же
<i>Delesseria sinuosa</i>		83.0	”	”
<i>Rhodomela pinastroides</i>		81.88	Бретань, Франция	Vincent, 1924
<i>Nithophyllum punctatum</i>		82.0	То же	Тот же
<i>Solieria chordalis</i>		84.64	”	”
<i>Furcellaria fastigiata</i>		78.36	”	”
<i>Phyllophora membranifera</i>	3	66.18	Род-Айленд, США	Wheeler, Hartwell, 1893
<i>Polyides rotundus</i>		58.53	То же	Тот же
<i>Ahnfeltia plicata</i>		59.04	”	”
<i>Ptilota plumosa</i>		66.66	Кольский залив, Баренцево море	[1]
<i>Rytiphlaea pinastroides</i>		56.09	О-в Нуармутье (Вандея), Франция	Hervé-Mangon, 1859

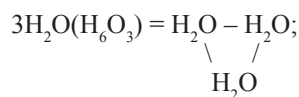
¹ Из неопубликованных материалов Биогеохимической лаборатории АН СССР, 1930–1933 гг.

Серии данных для H₂O в водорослях были получены главным образом Cameron (1916); Wheeler, Hartwell (1893); Hendrick (1892); Butler (1931); Burd (1915) и др. В таблице 3 приведены лишь некоторые цифры, по возможности для одних и тех же видов водорослей из разных мест, данные разными авторами. В ней не представлены виды, обычно инкрустированные CaCO₃. Эти виды содержат значительно меньше воды, о чем мы еще скажем ниже. Среди всех же остальных водорослей содержание воды колеблется от 58 до 85% и реже больше. Как мы видим, однако, одни и те же виды (например, разные *Laminaria*, с одной стороны, *Fucus vesiculosus*, *Ascophyllum nodosum* и другие *Fucaceae*, с другой стороны), по данным многих авторов, из разнообразных мест в среднем содержат различные, но постоянные для этих родов количества воды. Например, у *Laminaria* sp. – около 80%, а у *Fucus vesiculosus* – около 70% воды. Еще более высокое содержание H₂O в так называемых гигантских водорослях *Nereocystis*, *Macrocystis* и др. сравнительно с содержанием воды в видах из других родов.

Вообще большинство видов *Chlorophyceae* и *Phaeophyceae* богаче водой, чем *Rhodophyceae*, среди которых известны виды с минимальным для водорослей ко-

личеством воды. См., например, *Phyllophora membranifolia*, *Polyides rotundus*, *Ahnfeltia plicata* и др. Можно высказать общее правило, что водоросли, имеющие более или менее цельную и ровную пластину слоевища, подобно *Laminariaceae*, *Ulva* из *Chlorophyceae*, *Porphyra* из *Rhodophyceae* и т. д., содержат воды свыше 80%. Водоросли кустообразные, как *Fucaceae* или *Chondrus gigartina*, *Sargassum* и др., заключают воды обычно меньше 80%. И, наконец, виды с более тонкой (например, перистообразной) формой строения слоевища, как *Ptilota plumosa*, по-видимому, содержат воды наименьшее количество. Это правило должно быть подвергнуто испытанию со стороны экологии водорослей. В вертикальном распределении водорослей в море, вероятно, играют роль причины, отражающиеся на содержании воды в водорослях. Действительно, для литоральной полосы камней и песков *Polyides rotundus*, *Ahnfeltia plicata*, *Halosaccion gracilaris* и т. д., образующие своеобразную флору водорослей, известную под названием *Sandlöcher*, как видно из таблицы, все содержат малые количества воды. Другая группа водорослей из тех же *Rhodophyceae* и не менее характерная, например, в некоторых местах мурманского берега и многих других⁷, но обитающая уже в сублиторали на глубинах 10 и более метров, внешне часто похожая на мшанок *Ptilota plumosa*, *Ceramium rubrum*, *Phyllophora brodiaei* и многие другие виды этих родов, также оказывается бедна водой (см. табл. 3). С другой стороны, можно указать *Laminariaceae* и *Rhodymenia* из совершенно разных зон, но с одинаково большим содержанием воды.

Целый ряд других особенностей в смысле содержания воды в отдельных видах говорит в пользу своеобразия водного обмена у отдельных видов, а следовательно, и ее содержания⁸. Недостает систематических точных наблюдений. Вода, заключающаяся в водорослях, очевидно, частично образует раствор солей, другая же часть связана с органическим коллоидным веществом водорослей и т. п. Поведение той и другой воды (например, при попытке ее удаления при повышенной температуре) будет различно, как это имело место, например, в опытах Gartner (1930) и др. для сухопутных организмов. Если наблюдения Barnes (1930) об ускоряющем действии на рост пресноводной *Spirogyra* так называемого тригидроля (ассоциированной молекулы предполагаемая форма состояния H₂O в кристаллах льда) подтвердятся, то это явление должно иметь большое значение для жизни водорослей в высоких широтах⁹.



Несколько слов о распределении воды в разных частях водорослей (табл. 4). Содержание воды в разных частях водорослей несколько различается: как правило, черешок (стебель) *Laminariaceae* несколько богаче H₂O, чем листовая пластинка (слоевище); молодые водоросли водой богаче старых.

В течение года в водорослях наблюдается изменение содержания воды, идущее с известной периодичностью (табл. 5). Максимум содержания воды достигается к марту – апрелю, т. е. к началу весны (в холодных и умеренных областях океана). Минимум содержания воды приходится на конец осени – на сентябрь. Возможно, у других видов (из других мест) ход кривой для воды будет несколько иной, что в

⁷ Карское, Охотское, Черное и другие моря. См. Дерюгин.

⁸ См. для пресноводных водорослей данные у Mann (1891); Pennington (1897); Adriano (1925) и др.

⁹ Исключительный интерес представляет вопрос о нахождении в организмах так называемой тяжелой воды D₂O: см. Природа, № 12, 1933. О свободной воде в водорослях (*Pelagophycus*) см. Chrysler (1934).

первую очередь может быть связано с временем начала инсоляций¹⁰. В известном отношении к годовой кривой изменения воды в водорослях стоит аналогичная кривая изменения золы в водорослях и содержание отдельных элементов (табл. 5).

Таблица 4
Содержание воды в разных частях водорослей
(в % живого вещества)

Водоросли	Число определений	Листовая пластинка	Черешок (стебель)	Плават. пузырь	Автор
<i>Nereocystis luetkeana</i>	8	92.80	89.10	93.08	Cameron, 1915
<i>Macrocystis pyrifera</i>	3	85.40	88.60	–	Тот же
<i>Pelagophycus porra</i>		88.87	91.38	–	”
<i>Laminaria digitata</i>		74.75	82.37	–	Hendrick, 1916
<i>L. stenophylla</i>		79.55	85.44	–	Тот же
<i>L. flexicaulis</i>		84.84	87.2	–	Freundler с сотрудниками, 1925b

Таблица 5
Изменение содержания воды в водорослях в течение года
(в % живого вещества)

Водоросли	Январь – февраль	Март	Май	Сентябрь – ноябрь	Автор
<i>Fucus sp.</i>	–	77.4	73.4	76.6	Toms, 1905
<i>F. vesiculosus</i>	75.19	83.49	–	70.98	Wheeler, Hartwell, 1893
<i>Laminaria sp.</i>	–	87.0	78.0	82.0	Toms, 1905
<i>L. saccharina</i>	87.85	93.90	–	82.22	Wheeler, Hartwell, 1893
<i>L. digitata</i> <i>L. flexicaulis</i>	87.34	92.94	–	82.22	Те же
листья	86.8	85.8	84.5	81.0	Freundler с сотрудниками, 1925b
стебель	88.7	87.8	86.6	79.3	Те же
<i>Chondrus crispus</i>	71.39	82.12	–	74.61	Wheeler, Hartwell, 1893

3. Содержание золы в морских водорослях

Вследствие большого содержания в водорослях хлористых и других солей Na и K получить золу путем непосредственного прокалывания на огне без угля и в то же время без потерь (например, P, S, Cl, щелочей и других более редких элементов, как Ga, Ge и т. п.) не представляет никакой возможности. Мы должны это иметь в виду при нашем разборе и сопоставлениях.

¹⁰ Возможно, максимум содержания H₂O у Rhodophyceae наступает позже. См. данные Wheeler, Hartwell (1893).

Зола большинства водорослей, полученная при сжигании, будучи освобожденной от угля, имеет окраску от белого цвета до цвета окиси железа в зависимости от содержания последнего. Отметим колебание количества золы, наблюдающееся в пределах одного вида. Максимум зольного остатка встречается у видов, концентрирующих CaCO_3 , – до 90%. У всех остальных водорослей в среднем содержание золы колеблется около 5% на живой вес или около 20% на сухой остаток¹¹, т. е. в среднем значительно выше, чем это мы имеем обычно для золы большинства представителей наземных растений (табл. 6).

Таблица 6
Содержание золы в различных водорослях

Водоросли	% золы в живом веществе	% золы в сухом веществе	Место сбора	Автор
Phaeophyceae				
<i>Nereocystis luetkeana</i> ¹	4.76	50.57	Калифорния, США	Burd, 1915
<i>Macrocystis pyrifera</i> ¹	4.96	35.62	То же	Тот же
<i>Pelagophycus porra</i> ¹	5.30	52.66	”	”
<i>Laminaria stenophylla</i>	4.75	25.0	Шотландия	Hendrick, 1892
<i>L. longicurvis</i>	3.81	33.20	Атлантический океан, Канада	Butler, 1931
<i>L. cloustonii</i>	7.27	30.30	Бретань, Франция	Vincent, 1924
<i>L. digitata</i>	6.06	18.40	То же	Тот же
<i>L. saccharina</i>	6.03	41.2	Шотландия	Hendrick, 1892
<i>Fucus vesiculosus</i>	5.37	16.18	Северное море	Bergstrand, 1872
	4.89	20.70	Атлантический океан, Канада	Butler, 1931
	6.38	19.90	Шотландия	Hendrick, 1892
	4.96	16.88	То же	Anderson, 1855
	6.24	22.20	Бретань, Франция	Vincent, 1924
<i>Fucus serratus</i>	6.75	26.3	То же	Тот же
<i>Ascophyllum nodosus</i>	6.14	23.6	”	”
<i>Himanthalia lorea</i>	5.83	27.3	”	”
Rhodophyceae				
<i>Chondrus crispus</i>	5.0	24.90	Бретань, Франция	Vincent, 1924
	6.4	27.7	Атлантический океан, Канада	Butler, 1931

¹¹ См. Müller (1894); Werenskiöld (1900); Oshima (1902); König, Bettels (1905); Beckmann, Bark (1916); Butler (1931), а также Pott. Дают многочисленные определения золы в сушевоздушном материале Naas, Russel-Wells (1929) и др. Кроме того, следует заметить, что одни авторы рассчитывают анализы на так называемую грубую золу (содержащую известное количество угля, песка и CO_2), другие – на чистую золу (исключают при пересчете указанные вещества).

Таблица 6 (окончание)

Водоросли	% золы в живом веществе	% золы в сухом веществе	Место сбора	Автор
<i>Rhodymenia palmata</i>	3.9	26.9	То же	Тот же
<i>Porphyra laciniata</i>	2.25	15.7	”	”
<i>Rhodomela pinastroides</i>	9.70	53.40	Бретань, Франция	Vincent, 1924
<i>Iridaea sp.</i>	6.25	31.4	Калифорния, США	Hoagland, 1915

¹ Растворимая зола

Наибольшее количество золы (исключая известковые водоросли) содержится в видах гигантских Laminariaceae. Наименьшее количество золы встречается в видах из разных классов. Например, постоянно это замечается у видов *Porphyra* – *P. tenera*, *P. laciniata* и др., что подтверждается также в анализах Warington (1879); Kinch (1880); Reed (1907)¹² (см. также табл. 13). Для последующего важно отметить, что большая часть золы водорослей переходит в водный раствор (еще больше при подкислении). Это так называемая растворимая часть золы. Другая ее часть остается в виде нерастворимого (в воде или в кислотах) остатка. Из таблицы 7 видно, что большую часть составляет растворимая зола; соотношение между растворимой и нерастворимой золой различно в разных водорослях. Наибольшее количество растворимых солей содержится в гигантских водорослях.

Растворимая часть золы состоит из хлоридов, сульфатов (фосфатов и карбонатов), щелочных и щелочноземельных металлов и, как показали опыты, легко вымывается дистиллированной водой, и даже непосредственно из живых водорослей. Подобные опыты с разными водорослями были произведены Stanford (1883b); Balch (1909); Segers-Laureys (1913); Cameron (1916); Beckmann, Bark (1916); Bertrand (1932). Из опытов, например, Stanford (1862) видно, что хлористые соли Na и K значительно быстрее переходят в раствор, чем, к примеру, сульфаты тех же металлов. У разных водорослей соли Ca и K вымываются весьма своеобразно (табл. 8).

Таблица 7
Содержание водорастворимых солей в золе разных водорослей
(в % от веса свежих водорослей)

Водоросли	Растворимая зола	Нерастворимая зола	Автор
Phaeophyceae			
<i>Laminaria digitata</i>			
черешок	4.92	1.41	Hendrick, 1916
лист	4.26	1.39	Тот же
<i>Laminaria stenophylla</i>			
черешок	4.65	1.13	”
лист	3.74	0.92	”
<i>Fucus vesiculosus</i>	5.19	1.34	”
<i>F. serratus</i>	4.22	1.28	”

¹² См. также König (1903); Kellner (см. Smith, 1904), König, Bettels (1905); Tahara (см. Oshima, 1905).

Таблица 7 (окончание)

Водоросли	Растворимая зола	Нерастворимая зола	Автор
<i>Ascophyllum nodosum</i>	4.94	1.41	”
	6.87	0.52	Vincent, 1924*
<i>Chorda filum</i>	6.43	1.09	Тот же
<i>Himanthalia lorea</i>	4.67	1.16	”
<i>Halidrys siliquosa</i>	5.17	0.81	”
Rhodophyceae			
<i>Rhodymenia palmata</i>	4.68	0.87	”
<i>Chondrus crispus</i>	4.24	0.67	”

* Не исключена возможность, что авторы в некоторых случаях при растворении пользовались кислотой.

Таблица 8
Вымывание водой растворимых солей из водорослей (в % солей)

Водоросли	Число вымываний	K ₂ SO ₄	KCl	NaCl
<i>Laminaria stenophylla</i>	1	7.53	31.05	45.55
	2	10.08	30.95	53.00
	3	19.48	24.81	53.57
	4	20.80	23.78	51.04
<i>Fucus vesiculosus</i>	1	27.25	–	61.5
	2	48.19	–	37.6
	3	Следы	–	Следы

В дальнейшем это подтвердилось в опытах Bertrand с сотрудниками (1927–1928; см. табл. 21). Разная скорость вымывания Na и K у разных водорослей зависит, вероятно, от различной проницаемости эпителиального слоя их клеток. Подробное изучение вопроса о проницаемости ионов, в частности для тканей водорослей, можно найти у Osterhout (1922).

Содержание золы в водорослях изменяется определенным образом в течение года (см. табл. 9; также у Laricque, 1919). Увеличение количества золы наблюдается в водорослях, собранных в летние и осенние месяцы. С момента начала усиленной адсорбции воды (весна) начинают накапливаться и соли. Меняется и соотношение отдельных элементов, входящих в состав золы.

Таблица 9
Содержание золы в разных водорослях в разное время
(в % сухого вещества)

Водоросли	Январь – март	Апрель – июнь	Июль – сентябрь	Октябрь – декабрь	Место сбора	Автор
<i>Fucus</i> sp.	18.60	20.05	–	20.7	О-в Джерси	Toms, 1905
<i>Cystoseira discors</i>	–	12.0	34.0	–	Неаполитанский залив	Scurti, 1906
<i>Sargassum linifolium</i>	–	5.0	40.0	–	То же	Тот же
<i>Ecklonia cava</i>	48.42	46.36	46.33	–	Япония	Okudo, Eto, 1916
<i>Laminaria</i> sp.	35.0	25.0	–	19.3	О-в Джерси	Toms, 1905

4. Содержание С, Н и N в водорослях

Наши знания о содержании углерода в водорослях основываются на очень ограниченном числе аналитических дат, поэтому невозможно произвести сравнение содержания углерода у разных видов, семейств и т. д. Все нижеприведенные данные нужно считать первыми ориентировочными сведениями по этому вопросу.

Впервые анализ на углерод был произведен Mitscherlich в 1848 г. для пресноводной водоросли *Cladophora* (= *Conferva*) *glomerata*. В связи с вопросом о продукции моря за последние годы было сделано еще несколько определений углерода в водорослях Brandt, Raben (1919–1922), а также и нами. Этим исчерпываются все известные данные. Shiori, Mitui (1935) приводят в таблицах содержание С в пресноводном планктоне: 44.06% в сухом веществе *Euglena sp.* и 39.09% С в пресноводной зеленой водоросли *Hydrodictyon sp.* Опоцкий, Погребинская и Тюльпина (1934) приводят количества К, Н, N и S в *Phyllophora rubens* из залива Черного моря (в % сухого вещества):

	С	Н	N	S
Мелководные <i>Phyllophora</i>	30	4.2	2.5	3.8
Глубоководны <i>Phyllophora</i>	31	4.5	4.2	4.4

L. Saueux (1933) кратко упоминает, что водоросли из Сен-Серван-сюр-Мер (*Fucus*, *Laminaria* и др.) содержат от 21 до 36.8% С в сухом веществе (табл. 10). Какие-либо выводы из этой таблицы делать преждевременно.

Главная масса углерода водорослей находится в виде соединений альгина, клетчатки, затем белков и др. Водоросли принимали участие в образовании углей (см. промикситы).

Иначе обстоит дело с определением азота в водорослях. Здесь имеются сотни, если не тысячи, определений для десятков видов водорослей. Содержание общего азота в водорослях довольно изменчиво от одного образца к другому в пределах одного и того же вида. Эти индивидуальные колебания (например, у гигантских водорослей) достигают довольно большого размаха. Причина этих колебаний отчасти лежит в условиях сбора, анализа и т. п., о чем мы говорили уже выше, касаясь содержания H₂O (табл. 11).

Таблица 10
Содержание С, Н и N в разных водорослях

Водоросли	В сухом веществе, %			В живом веществе, %			Место сбора	Автор
	С	Н	N	С	Н	N		
Phaeophyceae								
<i>Laminaria digitata</i>	–	–	3.13	6.00	–	0.57	Кольский залив	[1]
<i>Laminaria saccharina</i>	26.76	4.06	4.81	–	–	–	Балтийское море	Brandt, Raben, 1919–1922
<i>Chorda filum</i>	29.13	4.51	0.99	–	–	–	То же	Stiehr (см. Brandt, Raben, 1919–1922)
<i>Ascophyllum nodosum</i>	37.99	5.37	3.16	–	–	–	Норвегия	Riecke (см. Brandt, Raben, 1919–1922)
–	–	–	2.17	6.53	–	0.69	Кольский залив	[1]
<i>Fucus vesiculosus</i>	–	–	3.06	–	–	0.92	То же	[1]

Таблица 10 (окончание)

Водоросли	В сухом веществе, %			В живом веществе, %			Место сбора	Автор
	С	Н	N	С	Н	N		
	35.26	2.2	–	5.69	–	–	?	Залесский, 1916
<i>Fucus serratus</i>	–		–	4.32	–	–	Кольский залив	[1]
<i>Himanthalia lorea</i>	43.1	4.5	–	–	–	–	?	Залесский, 1916
Rhodophyceae								
<i>Rhodomela</i> sp.	28.32	7.17	2.16	–	–	–	г. Киль, Германия	Brandt, Raben, 1919–1922
Chlorophyceae								
<i>Ulva</i> sp.	36.13	5.12	5.44	–	–	–	То же	Stiehr (см. Brandt, Raben, 1919–1922)
<i>Enteromorpha</i> sp.	31.48	5.31	3.44	–	–	–	Норвегия	Riecke (см. Brandt, Raben, 1919–1922)
<i>Cladophora</i> (= <i>Conferva</i>) <i>glomerata</i> ²	45.7	5.83	5.6	–	–	–	–	Mitscherlich, 1848
<i>Spirogyra-nitida</i> ²	46.35	5.43	2.61	–	–	–	–	Pennington, 1897

¹ Неопубликованные данные Биогеохимической лаборатории АН СССР, 1932 г.

² Пресноводные.

Таблица 11
Пределы колебаний содержания N у водорослей
из Калифорнии (в % сухого вещества)

Водоросли	Содержание азота			Число определений
	min	max	среднее	
<i>Macrocystis</i> sp.	0.53	3.17	1.57	58
<i>Nereocystis</i> sp.	0.81	3.06	1.9	51
<i>Alaria</i> sp.	2.1	3.3	2.6	15

Для других видов, не помещенных в таблицу 11, содержание азота имеет, вероятно, не меньшие колебания, но систематически не определялось. В этих колебаниях мы должны исключить сезонные изменения, которые текут с определенной правильностью. В имеющихся данных сделать это не всегда возможно. Затруднение встречается в отсутствии указания времени сбора и т. п. Поэтому, как и прежде, следует считаться со средними данными (табл. 12) из многочисленных определений¹³.

В таблицах 12 и 13 приведены далеко не все данные. Мы воспользовались лишь теми работами, которые давали многократные определения азота, поэтому относительно более верные. Помимо них можно указать еще до десятка видов водорослей, для которых имеются анализы на азот в работах Mohr (1865a); M. и A. Jolles (1895); Gurney (1900); Oshima (1902); Greshoff (1903); Russell (1910);

¹³ Азот в водорослях определялся большинством авторов по методу Kjeldahl. Удастся ли таким образом определить весь азот водорослей, не изучено. Но, например, числа для N, полученные Brand, Raben (1919–1922) по методу Dumas, выше других.

Skinner, Jackson (1913); Stewart (1915); Hoagland (1915); Butler (1931); Словцев, Чернявский, van Eck du Bosz, Duncan (см. табл. 10–13).

Таблица 12
Содержание N в различных водорослях (в % на сухое вещество)¹

Водоросли	Число анализов	N, %	Место сбора	Автор
Chlorophyceae				
<i>Ulva</i> sp.		2.7	Британские острова	Russell, 1910
<i>Chlorophyceae</i>		0.9	Берег Алжира	Müller, 1894
		5.44	г. Киль, Германия	Stiehr (см. Brandt, Raben, 1919–1922)
		2.6	Ла-Манш	Vincent, 1924
		2.0	Берег Тихого океана	Waksman, Carey, Reuszer, 1933
<i>U. latissima</i>		2.1	Адриатическое море	Sestini с сотр., 1877
		1.3	Ла-Манш	Letts, Richards, 1911
		4.75	г. Белфаст, Сев. Ирландия	Те же
<i>Enteromorpha compressa</i>		1.93	Япония	Kinch, 1880
		0.49	Ла-Манш	Vincent, 1924
		3.44	Норвегия	Riecke (см. Brandt, Raben, 1919–1922)
		1.25	Балтийское море	Vibrans, 1873
		0.75	Берег Алжира	Müller, 1894
	Среднее	1.57		
Rhodophyceae				
<i>Rhodymenia palmata</i>		3.71	Атлантическое побережье Канады	Butler, 1931
	2	2.70	Род-Айленд, США	Wheeler, Hartwell, 1893
		1.84	Бретань, Франция	Vincent, 1924
		3.39 ¹	Шотландия	Hendrick, 1892
<i>Chondrus crispus</i>	Среднее	2.91	Бретань, Франция	Vincent, 1924
	4	2.24	Род-Айленд, США	Wheeler, Hartwell, 1893
		2.82		
		1.15	Индия	Greshoff, 1903
		1.65	Атлантический океан, Канада	Butler, 1931
		2.08	–	M., A. Jolles, 1895
<i>Gracilaria</i> sp. <i>G. armata</i>	Среднее	2.00	Япония	Matsui, 1916a
		1.45	Берег Алжира	Müller, 1894
		1.63		

Таблица 12 (продолжение)

Водоросли	Число анализов	N, %	Место сбора	Автор
<i>Gigartina mammillosa</i>		3.54	Атлантическое побережье Канады	Butler, 1931
<i>Furcellaria fastigiata</i>		1.07	Балтийское море	Vibrans, 1873
		1.72	Бретань, Франция	Vincent, 1924
<i>Rhodomela pinastroides</i>		2.53	То же	Тот же
<i>Nitophyllum punctatum</i>		0.85	”	”
<i>Solieria chordalis</i>		1.59	”	”
<i>Polyides rotundus</i>		3.30	Род-Айленд, США	Wheeler, Hartwell, 1893
<i>Ahnfeltia plicata</i>		1.69	То же	Те же
<i>Phyllophora membranifolia</i>	2	3.07	”	”
<i>Ceramium rubrum</i>		1.99	Балтийское море	Vibrans, 1873
<i>Delesseria sanguinea</i>		2.0	То же	Тот же
<i>Laurencia obtusa</i>		1.31	Берег Алжира	Müller, 1894
<i>Liagora viscida</i>		0.51	То же	Тот же
<i>Iridaea</i> sp.		2.72	Калифорния, США	Burd, Hoagland, 1915
Phaeophyceae				
<i>Macrocystis pyrifera</i>	27	1.57	То же	Turrentine, 1912
	36	1.58	”	Burd, 1915
		1.07	”	Stewart, 1915
	2	1.7	”	Hoagland, 1915
	Среднее	1.28		
<i>Laminaria saccharina</i>		1.75	Нормандия, Франция	Wheeler, Hartwell, 1893
	3	1.59	Род-Айленд	Те же
	3	1.73	Калифорния, США	Turrentine, 1912
		0.73	Бретань, Франция	Vincent, 1924
		1.09	Япония	Kinch, 1880
<i>L. saccharina</i> ²		1.38	Шотландия	Hendrick, 1916
<i>L. saccharina</i> ²		2.60	Западная Норвегия	Werenskiold, 1900
		3.03	Балтийское море	Vibrans, 1873
		2.29	То же	Mohr, 1865b
	Среднее	1.80		

Таблица 12 (окончание)

Водоросли	Число анализов	N, %	Место сбора	Автор
<i>Fucus vesiculosus</i>	3	1.09	Шотландия	Wheeler, Hartwell, 1893
		1.59	Род-Айленд, США	Те же
		1.09	Северное море	”
		3.06	Коннектикут, США	”
		1.22	Нормандия, Франция	”
		0.99	Шотландия	Hendrick, 1916
		.2.01	Северное море	Bergstrand, 1872
		1.84	Балтийское море	Vibrans, 1873
		2.43	Бретань, Франция	Vincent, 1924
		1.37	Атлантический океан, Канада	Butler, 1931
		1.09	Шотландия	Anderson, 1855
		2.29	Англия	Barlow, 1911
		1.22	Нормандия, Франция	Marchand, 1865
		(1.3)	Адриатическое море	Sestini с сотр., 1877
Среднее		1.64		
<i>Cystoseira fibrosa</i>		1.14	Бретань, Франция	Vincent, 1924
<i>C. sp.</i>		1.21	Алжирский берег	Müller, 1894
<i>C. sp.</i>		1.23	Япония	Kinch, 1880
<i>Sargassum vulgare</i>		1.23	Алжирский берег	Müller, 1894
<i>S. bacciferum</i>		0.80	Антильские острова, Вест-Индия	Corenwinder, 1865
<i>Cladostephus verticillatus</i>		0.77	Алжирский берег	Müller, 1894
<i>Postelsia palmaeformis</i>	4	1.29	Калифорния, США	Turrentine, 1912
<i>Egregia menziesii</i>	3	2.56	То же	Burd, 1915
		2.75	”	Hoagland, 1916
<i>Desmarestia ligula</i>	2	1.99	”	Turrentine, 1912

¹ На воздушно-сухое вещество.

² Части водорослей.

Таблица 13
Содержание азота, воды и золы в водорослях

Водоросли	Число анализов	H ₂ O, % живого вещества	Зола	N	Место сбора	Автор
			% сухого вещества			
Phaeophyceae						
<i>Laminaria japonica</i>	—	—	—	2.12	Дальний Восток	Kiesewetter, 1936b
<i>L. saccharina</i>	—	—	24.83	1.41	Белое море	Ведринский, 1938a
стебель	—	—	27.09	1.42	То же	Тот же
”	—	—	32.20	1.90	”	”
конус роста	—	—	29.70	1.81	”	”
лист	—	—	24.50	1.61	”	”
<i>L. digitata</i>	—	—	27.66	1.34	”	”
стебель	—	—	41.05	1.88	”	”
конус роста	—	—	28.50	2.00	”	”
лист	—	—	29.27	1.19	”	”
<i>Ascophyllum nodosum</i>	—	—	20.18	1.05	”	”
<i>Desmarestia aculeata</i>	—	—	31.64	1.29	”	”
<i>Alaria esculenta</i>	—	—	26.16	1.59	”	”
<i>Fucus serratus</i>	—	—	21.25	1.48	”	”
<i>F. vesiculosus</i>	—	—	22.09	1.15	”	”
Rhodophyceae						
<i>Rhodomela larix</i>	—	—	24.80	2.90	Дальний Восток	Kiesewetter, 1936a
<i>Rhodymenia</i> sp.	—	—	12.80	3.00	То же	Тот же
<i>Callymenia</i> sp.	—	—	21.60	3.23	”	”
<i>Porphyra</i> sp.	—	—	15.70	5.00	”	”
—	—	—	15.70	5.00	”	”
—	—	—	9.70	5.40	”	Nagai, Murai, 1884
<i>Ptilota pectinata</i>	—	—	21.60	3.40	”	Kiesewetter, 1936a
<i>Iridaea</i> sp.	—	—	28.60	1.90	”	То же
—	—	—	14.80	2.20	”	Лебедев, 1936
<i>I. laminarioides</i>	—	89.47	16.08	3.28	”	Ellegood, 1939
<i>Phyllophora</i> sp.	—	—	11.52	4.50	”	Лебедев, 1936
<i>Ph. interrupta</i>	2	—	8.35	5.13	Белое море	Ведринский, 1938a
<i>Ahnfeltia plicata</i>	—	—	22.50	4.40	Дальний Восток	Kiesewetter, 1936a
—	—	—	9.85	2.30	Белое море	Ведрина, 1396
<i>Turnerella</i> sp.	3	—	30.00	4.90	Дальний Восток	Kiesewetter, 1936a
<i>Gelidium corneum</i>	—	—	12.49	2.55	То же	Nagai, Murai, 1884
<i>Eucheuma</i> sp.	—	—	32.10	0.78	”	Greensh, 1936
<i>Gracilaria</i> sp.	—	—	10.24	1.13	”	Тот же
<i>Corallina officinalis</i>	2	—	73.85	1.00	Белое море	Ведринский, 1938a
<i>Furcellaria</i> sp.	2	—	8.86	—	То же	Тот же

Таблица 14
Содержание N в *Corallina squamata*

Месяц	N, % сухого вещества, свободного от извести	Месяц	N, % сухого вещества, свободного от извести	Месяц	N, % сухого вещества, свободного от известии	Месяц	N, % сухого вещества, свободного от извести
Январь	5.406	Апрель	5.327	Июль	4.658	Сентябрь	4.22
Март	5.428	Май	4.678	Август	4.078	Октябрь	5.11

Таблица 15
Содержание N в *Porphyra*

Водоросли	% N в сухом веществе	Место отбора	Авторы
<i>Porphyra tenera</i>	4.9–6.43	Япония	Okuda, Nakayama, 1916
<i>P. laciniata</i>	2.83–5.08	Токийский залив	Matsui, 1916a
	0.66–4.13	Япония	Kinch, 1880
	3.61	Атлантический берег Канады	Butler, 1931
[¹]	4.1	США	Reed, 1907 (U.S. Dept, Agric.)
[¹]	5.19–5.8	Япония	Smith, 1904
[¹]	5.4	То же	Tahara (см. Oshima, 1905)

¹ На суховоздушное вещество.

Существует ли все же различие в содержании азота в отдельных видах или в пределах других таксономических единиц? Остановимся прежде на характерных случаях (табл. 15). Так, например, среди Rhodophyceae выделяется род *Porphyra* (*P. tenera*, *P. laciniata* и др.) с относительно большим содержанием азота, а следовательно, с большим содержанием белков. *Porphyra*, как известно, принадлежит к особому подклассу, а именно *Bangiiales*. К сожалению, для других видов этой группы, например, для *Bangiaceae* данных для азота нет. Содержание N в *P. laciniata*, *P. tenera* и в продуктах, из них приготовляемых путем различной обработки, достигает 7% в сухом веществе при обычном содержании азота в других водорослях от 1 до 3% на сухое вещество. По-видимому, содержание N такое же высокое во всех остальных *Bangiaceae*, поскольку наши анализы дают следующие результаты для N:

Porphyra umbilicalis (Кольский залив) – 3.6%;
Bangia fuscopurpurea (Кольский залив) – 4.0%.

Ведринский (1938в) обнаружил максимальные количества N также в видах Rhodophyceae из Белого моря; в *Ahnfeltia plicata* его было 2.51% и в *Phyllophora interrupta* – выше 5.13%.

В данных Reed (1907) и др.¹⁴ отмечается максимальное содержание белков в *Porphyra*. Из других красных водорослей *Rhodymenia palmata* должна быть отнесена к богатым азотом водорослям. Это согласуется и с данными Butler (1931); Schmidt-Nielsen и Hammer (1932); Tahara (см. Oshima, 1905), Hendrick (1916) и др., правда, они относятся часто к заготовленным для пищи сухим водорослям. Кстати, именно эти водоросли идут в пищу¹⁵. Другие красные водоросли нередко также отличаются повышенным содержанием азота – *Phyllophora*, *Gigartina*, *Chondrus*.

В Phaeophyceae подобное размежевание видов по азоту сложнее, несмотря на обширность данных и возможность сравнения серий анализов. Существуют единичные указания [см., например, Vincent (1924)] на большое содержание N у Fucaceae по сравнению с *Laminaria*; водоросли с Алжирского побережья, по Müller (1894), беднее N (и фосфором), чем водоросли более холодных областей и других морей. Однако, например, гигантские водоросли не отличаются особо высоким содержанием азота: по всем данным его содержание уступает, например, N в *Laminaria* и в других видах водорослей европейских берегов. С географической точки зрения этот вопрос не был освещен. Обращает внимание некоторое убывание N в гигантских водорослях с севера на юг, например вдоль Калифорнийского берега Америки. Burd (1915) дал анализы на азот различных частей *Macrocystis*, *Nereocystes*, *Pelagophycus*, причём более богаты N листовые пластинки; по Werenskiold (1900), то же наблюдается и для других *Laminaria*. *Stigeoclonium*, а возможно, и паразитические зеленые водоросли содержат довольно много азота.

Может быть, у большинства Chlorophyceae содержание азота в среднем несколько выше, чем, например, у большинства Phaeophyceae (см. табл. 12). Это следует и из данных Sestini (1876); Oshima (1902); Tahara (см. Oshima, 1905); Reed (1907): сравнительно с другими водорослями в них было найдено и более высокое содержание белков, например, в видах *Enteromorpha linza*, *E. compressa*, *Ulva lactuca* и др.¹⁶

Но данных для Chlorophyceae мало, и они разноречивы. Сезонные колебания N были изучены для ряда водорослей Anderson (1855); Wheeler, Hartwell (1893), а также Toms (1905); Freundler, Laurent, Ménager (1922).

Из таблицы 16 видно, что максимум содержания азота приходится на зимние месяцы (январь, февраль, март) и начало весны, а минимум содержания азота – на осень. Существование сезонных колебаний отчасти объясняет некоторое несогласие данных, приведенных в таблице 12.

Таблица 16
Изменение содержания N в течение года в водорослях
(в % сухого вещества)

Водоросли	Время года				Автор
	январь	март	май	сентябрь – октябрь	
<i>Laminaria saccharina</i>	1.85	1.99	–	0.94	Wheeler, Hartwell, 1893
<i>L. digitata</i>	2.26	2.27	–	1.34	Те же
	–	3.06	1.94	0.96	(Род-Айленд, США)
					Toms, 1905 (о-в Джерси)

¹⁴ См. Kellner (Smith, 1904); König (1879); König, Bettels (1905); Nagai, Murai (1884); Smith (1904) и Nagaoka.

¹⁵ В Японии особенно *Porphyra* и *Rhodymenia pertusa*. См. Miyabe (1902), Tondo (1930) и Nadson.

¹⁶ См. Loew, Bokorny (1887) – *Spirogyra* пресноводная содержит до 32% белка, когда обычно 5–15%; однако см. Pennington (1899) – данные для *Spirogyra* и Whipple, Jackson (1899) – данные для пресноводных Chlorophyceae.

Таблица 16 (окончание)

Водоросли	Время года				Автор
	январь	март	май	сентябрь – октябрь	
<i>Fucus vesiculosus</i>	2.03	1.93	–	0.82	Wheeler, Hartwell, 1893
	–	1.91	1.98	1.16	Toms, 1905 (о-в Джерси)
<i>Ascophyllum nodosum</i>	1.50	1.28	–	0.64	Wheeler, Hartwell, 1893
<i>Chondrus crispus</i>	2.84	3.10	–	1.32	Те же
<i>Phyllophora membranifolia</i>	–	2.78	–	3.36	”

Butler (1931) определял содержание N в *Chondrus crispus* в различное время года. В марте и апреле наблюдается увеличение N в известковистых водорослях, таких как *Corallina squamata* с побережья Дорсет (Англия), что показано Naas, Hill и Karstens (1935) в таблице 14. Существование сезонных различий частично объясняет некоторые несоответствия в таблицах, но, по-видимому, максимальное содержание N соответствует времени максимального роста и образования спор. Kiesewetter (1936a) обнаружил следующие количества N (в % сухого вещества) в *Porphyra* sp. (Тихий океан): декабрь – 6.61; январь – 6.63; февраль – 6.07; март – 1.85. Ведринский (1938б) обнаружил следующие изменения в содержании N в *Laminaria* (Белое море) в течение года.

Месяц	<i>L. saccharina</i>	<i>L. digitata</i>	Месяц	<i>L. saccharina</i>	<i>L. digitata</i>
Январь	1.57	–	Июль	1.53	1.57
Февраль	–	–	Август	1.18	1.18
Март	–	2.33	Сентябрь	1.54	1.50
Апрель	–	2.26	Октябрь	1.54	1.53
Май	2.34	2.18	Ноябрь	1.76	1.88
Июнь	1.87	1.78	Декабрь	1.80	1.55

Эта картина распределения азота схожа с предыдущей: максимум азота отмечается в начале весны; минимум – летом и осенью¹⁷.

¹⁷ Black (1948a, b, c) обнаружил, что в видах *Laminaria*, встречающихся на побережье Шотландии, наиболее высокое содержание золы наблюдается в начале года – с января по март или в случае с *L. cloustonii* – в мае, когда старые листовые пластины сбрасываются. В последнем случае (*L. cloustonii*) содержание золы достигает 41.3% сухого веса или 6.1% сырого веса в мае; в это время водорастворимая зола составляла 36.35% сухого веса. В ноябре общее содержание золы было 12.6% сухого веса и 2.46% сырого, а водорастворимая зола составляла 9.9% сухого веса. Содержание водорастворимой золы, очевидно, изменяется незначительно, что может быть связано со значительными загрязнениями. Резкое падение содержания золы в течение лета происходит благодаря осморегулирующим процессам, которые имеют место, когда в течение лета происходит накопление углеводов, главным образом маннитола. В Fucaceae (Black, 1948d, 1949) из того же региона все главные компоненты дают максимум в пересчете на сырой вес дважды в год: поздней весной или ранним летом и осенью. Но потери золы по отношению к сырому весу не компенсируются по мере аккумуляции продуктов фотосинтеза. Максимум накопления золы наступает позже, чем максимум накопления сухой массы, который связан с аккумуляцией золы в репродуктивных частях растения. Во всех морских водорослях, изученных Black'ом, наблюдалась тенденция максимального накопления протеина к концу зимы; это можно объяснить тем, что именно в это время максимальное количество нитратов в окружающей среде может быть вовлечено в процесс синтеза протеина. Содержание иода, концентрация которого в Laminiaceae выше, чем в Fucaceae, проявляет тенденцию к достижению максимума, по крайней мере, в первой группе, при этом наблюдается наивысшее содержание золы. Но эти вариации не выглядят достаточно закономерными.

Азот в водорослях находится главным образом в виде белкового азота и в виде растворимых в воде N-содержащих веществ. Hoagland (1915) нашел, что до половины всего азота водорослей находится в последней форме. Вопросом о распределении азота в разных фракциях органического вещества водорослей занимались многочисленные исследователи: Shunichi Tases (1931); Okuda, Nakayama (1916). Butler (1931), который приводит распределение N по различным фракциям, обнаружил, что более 67% всего азотсодержащего вещества растворимо в воде¹⁸. Nathanson (1906) указал во многих водорослях присутствие NO₂.

Общей особенностью Rhodophyceae является содержание разнообразных и обычно легко растворимых полисахаридов, иногда в значительных количествах, например: агара, каррагинана, альгина и других производных полигалактуроновых кислот. Самые простые виды Rhodophyceae, например Bangiales, Corallinaceae и, возможно, некоторые другие, почти не содержат целлюлозы, но содержат пектин во внешних стенках. Все Phaeophyceae содержат целлюлозу в соединительной ткани и разнообразные пектиновые вещества (альгин, фуцин и др.); самые значительные количества пектина были обнаружены в простейших видах Phaeophyceae, называемых Ectocarpales. Среди Chlorophyceae – Siphonales (*Codium*, *Bryopsis* и др.) имеют органические стенки, содержащие главным образом пектиновое вещество или полисахариды; в этих видах количество связанного азота наибольшее. Некоторые виды Siphonales, такие как *Valonia*, так же, как и *Cladophorales* (*Cladophora*), отличаются от других Siphonales своими морфологическими особенностями, в частности целлюлозными стенками.

5. Phaeophyceae. Содержание Na, K, Ca, Mg, P, Cl и S

Более других были исследованы Phaeophyceae и главным образом виды из двух больших и распространенных семейств Fucaceae и Laminariaceae. Анализы их, однако, различной полноты и выполнены с разной точностью; сравнение их затруднено здесь теми же обстоятельствами, о которых упоминалось выше; большинство из них не сопровождается указанием методов анализа, а также и указаниями времени, места сбора и т. д. Поэтому к колебаниям в составе у одного и того же вида в анализах разных авторов, помимо действительно имеющих место в природе в зависимости от сезона, возраста и т. д., прибавляются колебания, зависящие от аналитических приемов. Очень немногие виды имеют повторные анализы, выполненные разными авторами. Они приобретают особую ценность. Только для *Fucus vesiculosus* находим до 15 более или менее полных анализов и только около 10 видов водорослей имеют вообще повторные анализы.

Наиболее полные анализы для Phaeophyceae (и водорослей вообще) содержат обычно данные для 7–10 химических элементов: K, Na, Ca, Mg, S, P, Cl, а затем Si и Fe и реже одновременно с первыми еще для I и Br. Первый подобный анализ принадлежит Bouvier (1791a) для *Fucus helminthochorton* (*Alsidium helminthochorton*). Несколько позже дают анализы золь *Fucus biccinalis*¹⁹ Brandes (1818), Driessen (1823), Schwabe и др. Другие более современные анализы приведены ниже.

¹⁸ См. Kapeller-Adler, Csató (1930) и Yahagigawa – о формах нахождения азота в водорослях.

¹⁹ Вероятно, *F. vesiculosus*? О пресноводных водорослях см. Jodin (1888).

Значительно больше одновременных определений известно для N, K и P, произведенных, в частности, в связи с вопросом использования водорослей на корм, удобрение, для получения калиевых солей и т. п.²⁰

Эти данные обсуждаются в работах Fagerström; Forchhammer (1844); M'Crummen (1847); Yeats (1853); Kinch (1880); Johnson (1872); Störer (1887); Hendrick (1892, 1898); Wheeler, Hartwell (1893); Russell (1910); Woods (1901); Barlow (1911); Doherty (1918); Karrer (1916); Brandt, Raden (1919–1922); Wurdack (1923); Rivière (1924) и Burd (1915).

В отдельных случаях мы используем их данные.

Сейчас попытаемся разобраться, прежде всего, в распределении первых 7 только что названных элементов у различных видов водорослей. Анализы так называемого келпа, или vareка, в целом без указаний названий видов водорослей нас не будут интересовать²¹. В соответствии с этим и в приводимой ниже таблице 17 даются анализы только тех авторов, которые определяли в водорослях содержание всех семи или больше элементов. Fe и Al, а также Si и все другие химические элементы, поскольку для них данные немногочисленны, мы рассмотрим в отношении всех водорослей ниже.

Анализы относятся к водорослям главным образом умеренных и холодных областей европейского и североамериканского берегов. В целях наглядности для тех видов, у которых имеется ряд анализов, мы даем средний состав (например, для *Fucus vesiculosus* и др.). Все анализы, где это можно, были перечислены на состав «чистой» золы и выражены (в виде окисей), как это обычно принято, в процентах золы водорослей. Перечисления на живой вес большинства анализов сделать невозможно. Отнесение же анализов к золе водорослей позволяет воспользоваться максимальным числом анализов²². Из таблиц видно (см. ниже), что главную массу золы водорослей составляют щелочные элементы, около $\frac{1}{3}$ золы, а затем щелочноземельные. Самый беглый просмотр данных убеждает в существовании различия в составе золы водорослей разных семейств и родов, например, между всеми Laminariaceae, с одной, и Fucaceae – с другой стороны.

²⁰ См. об использовании водорослей Надсон (1905), Зинова (1928, 1935), Эратов (1928), Аверкиев (1926–1928) – СССР; Sauvageau (1920), Vincent (1924), Mangelot (1883), Matignon (1914), Gloess (1919), Saint-Yves и Desmoires – Франция; F. Cameron (1912) – USA; Davidson (1840), Smith (1904), Miyabe (1902), Yendo (1901), Perrot, Gatin (1911), Rein (1889) – Япония; Rapson, Moore, Elliott (1942) – Новая Зеландия. Указываем здесь лишь на специальные книги и брошюры.

²¹ См. Guthrie (1899), Sterkers (1914); Tressler (1923), Hervé-Magnon. К сожалению, ряд японских работ нам известен лишь по ссылкам: например, Atsuki, Tomoda (1926), они остались для нас недоступны. Первые очень краткие сводки данных для водорослей см. у Kützing (1843) и Senebier. Из недавних работ см. Galletti (1931); Klason (1935); Mayer.

²² Анализы Vincent не поддаются пересчету на золу, и потому мы их приводим, как они даны (на сухое вещество). К сожалению, автором не указаны методы анализа.

Таблица 17
 Химический состав золы *Rhacorhysae* (в % «чистой» золы)

Водоросли	Зола в сухом веществе	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	SO ₃	P ₂ O ₅	Cl	Fe ₂ O ₃ (Al ₂ O ₃)	SiO ₂	Место сбора	Автор
<i>Macrocystis pyrifera</i>	35.62	13.75	34.0	3.58	6.70	6.40	1.65	33.70	0.40	—	Калифорнийское побережье США	Hibbard, 1915
<i>Nereocystis luetkeana</i>	50.57	14.12	36.90	2.42	2.76	3.62	1.35	38.50	0.16	—	То же	Тот же
<i>Pelagorhysus porra</i>	52.66	11.10	39.39	2.65	2.74	3.79	1.55	38.58	0.24	—	”	”
<i>Laminaria digitata</i>	18.64	24.09	22.40	7.44	11.86	13.26	2.56	17.23	0.62	1.56	Западное побережье Шотландии	Gödechens, 1845
стебель, осень	45.22	8.45	44.74	2.85	7.52	2.33	2.52	38.67	0.21	0.34	Шотландия (?)	Anderson, 1855
стебель, весна	35.10	12.09	34.11	12.91	5.45	8.56	2.06	28.35	0.53	1.42	”	Тот же
лист, осень	—	16.73	30.06	6.06	7.48	9.03	2.73	32.14	0.51	1.01	”	”
	17.34	26.55	6.81	6.01	10.02	12.71	3.14	33.29	0.23	3.10	Фекан, Франция	Marchand, 1865
	—	23.89	18.48	?	10.87	22.01	4.47	20.80	—	0.48	О-в Гельголанд	Forschhammer, 1844
	27.72	16.00	24.51	5.18	8.78	11.08	1.88	29.30	0.57	—	Белое море	Лаб. Североюл, 1933
Среднее	28.80	18.26	25.87	6.74	8.74	11.28	2.76	28.54	0.44	1.32		
<i>Laminaria saccharina</i>	7.56	21.86	12.91	14.49	22.08	23.89	2.12	0.53	1.06	—	Северное море	Witting, 1858b
	13.49	24.39	8.14	5.27	11.04	19.51	4.31	28.88	0.08	1.14	Франция	Marchand, 1865
	—	18.98	23.78	7.80	10.64	10.18	4.01	20.46	0.38	0.56	—	Schweitzer, 1845
	33.47	4.79	15.01	9.06	24.62	32.67	2.79	5.94	0.22	1.11	Балтийское море, Барнов	Vibrans, 1873
Стебель	36.82	15.72	37.86	2.95	4.44	4.15	2.41	32.17	0.073		Западный берег Норвегии	Wegenskiold, 1900
основание годового листа	38.61	22.04	29.84	2.15	1.35	5.88	2.72	35.77	0.062	0.21	То же	Тот же

Полное собрание трудов академика А. П. Виноградова.
Том 1. «Химический элементарный состав организмов моря»

Таблица 17 (продолжение)

Водоросли	Зола в сухом веществе	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	SO ₃	P ₂ O ₅	Cl	Fe ₂ O ₃ (Al ₂ O ₃)	SiO ₂	Место сбора	Автор
средняя часть годового листа	37.47	20.13	32.01	3.44	2.32	5.71	2.19	34.12	0.067	—	"	"
старый лист	46.15	16.43	36.54	2.78	2.58	9.48	2.07	34.63	0.074	0.37	"	Лаб. Севернод., 1933
" "	(31.55)	20.1	25.10	4.60	6.91	12.95	2.70	24.85	0.39	0.67	Белое море	
Среднее	30.64	18.27	24.58	5.83	9.55	5.18	2.23	26.40	0.605	3.34 ²	Япония	Oshima, 1902
<i>Laminaria</i> (<i>farinosa?</i>)	—	9.42	33.90	6.69	4.027	12.63	7.17	20.99	—	0.69	Хоффмансхаве, Дания	Forchhammer, 1844
<i>L. latifolia</i>	11.48	14.46	23.35	6.80	13.91	6.37	1.54	32.76	0.05	—	Западный берег Норвегии	Wetenskiold, 1900
<i>L. cloustonii</i> (стебель)	40.78	14.75	37.39	2.30	4.75	7.80	4.91	31.04	0.035	—	То же	Тот же
основание годового листа	31.14	24.40	26.64	3.66	1.48	10.83	2.42	27.81	0.024	—	"	"
средняя часть годового листа	32.12	21.14	29.31	3.98	4.28	9.29	2.19	33.01	0.041	—	"	"
старый лист	43.23	14.51	35.69	2.63	2.49	15.98	3.69	1.09	—	4.05	Мыс Доброй Надежды	Forchhammer, 1844
<i>Ecklonia</i> <i>buccinalis</i>	11.83	20.20	22.66	6.17	26.16	14.98	0.75	15.62	—	—	Новый Южный Уэльс, Австралия	White, 1907
<i>E. exasperata</i>	—	18.15	24.59	5.19	5.50	28.16	1.36	15.24	0.33	1.35	Западный берег Шотландии	Gödechens, 1845
<i>Fucus</i> <i>vesiculosus</i>	13.89	24.54	15.23	7.16	9.78	30.94	—	6.00	4.42	7.69	Англия (около Ливерпуля)	James, 1845
	12.33	20.34	—	15.19	16.77	24.03	2.26	16.40	0.56	1.38	Англия	Griffiths, 1883
	—	23.45	14.65	6.94	10.90	26.27	2.23	26.11	1.11	2.62	Фекан, Ла-Манш	Marchand, 1865

Таблица 17 (продолжение)

Водоросли	Зола в сухом веществе	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	SO ₃	P ₂ O ₅	Cl	Fe ₂ O ₃ (Al ₂ O ₃)	SiO ₂	Место сбора	Автор
	15.19	20.47	6.24	6.62	14.59	28.64	2.19	15.10	0.37	0.70	Шотландия	Anderson, 1855
	16.88	19.70	21.41	5.96	9.12	32.56	2.19	1.90	8.26	—	"	Bergstrand, 1872
	16.18	18.92	8.67	10.54	14.93	22.76	2.38	21.46	0.18	0.27	"	Schweitzer, 1845
	—	22.44	16.97	6.61	7.18	26.22	5.18	2.10	—	11.0	Торбек, Дания	Forschhammer, 1844
	(5.67)	9.63	8.98	10.91	25.77	13.46	5.46	15.03	—	—	Гренландия	Тот же
	15.30	34.12	17.25	10.91	7.49	13.44	5.86	24.52	2.35	1.40 ²	Балтийское море, о-в Эзель	Sengbusch, 1894
	(15.71)	8.67	10.06	14.45	19.49	11.42	2.86	18.68	8.58	16.55	Лагуны Венеции	Sestini, 1877
	(25.34)	26.29	7.62	0.84	3.53							
	27.22	15.70	4.85	9.17	28.45	20.26	1.66	19.92	0.93	2.04	Балтийское море, Барнов	Vibrans, 1873
Среднее	16.37	20.35	11.99	8.77	14.00	25.21	3.05	15.03	2.71	4.49		
<i>Fucus vesiculosus</i>	—	11.31	14.14	12.98	18.70	29.30	1.74	8.23	1.98	1.12	Балтийское море, о-в Рюген	Beckmann, Bark, 1916
	13.89	31.37	4.51	11.66	16.36	21.06	4.40	11.39	0.34	0.43	Западный берег Шотландии	Gödechens, 1845
	17.41	29.67	7.99	4.43	9.76	19.34	2.46	27.62	0.72	1.38	Нормандия, Франция	Marchand, 1965
	—	24.00	15.22	7.21	9.25	17.43	2.42	23.53	0.32	0.38	—	Schweitzer, 1845
	14.49	14.32	5.64	11.52	18.99	29.00	2.03	20.04	1.09	1.16	Балтийское море, Барнов	Vibrans, 1873
Среднее	15.16	29.30	4.85	10.10	14.33	20.30	3.80	15.42	0.49	1.46	Англия	Griffiths, 1883
<i>Fucus</i> * sp.	—	23.33	8.72	9.65	14.56	22.74	2.81	17.60	0.82	0.99		
<i>Ascophyllum nodosum</i>	—	8.1	17.1	2.26	5.21	—	0.78	17.34	1.48	—	Белое море	Лаб. Севериод
	—	17.68	10.65	6.91	7.46	32.04	0.88	13.32	10.86	0.12	Берег Норвегии	Beckmann, Bark, 1916
	14.51	26.59	10.07	10.93	12.80	26.62	1.52	12.24	0.29	1.20	Западный берег Шотландии	Gödechens, 1845

Полное собрание трудов академика А. П. Виноградова.
Том 1. «Химический элементарный состав организмов моря»

Таблица 17 (продолжение)

Водоросли	Зола в сухом веществе	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	SO ₃	P ₂ O ₅	Cl	Fe ₂ O ₃ (Al ₂ O ₃)	SiO ₂	Место сбора	Автор
	17.51	21.78	21.53	7.10	10.25	23.47	1.83	14.77	0.28	0.41	Шотландия	Anderson, 1855 Jenkins, 1877 (см. Wolff, 1871– 1880)
	23.14	25.89	13.65	8.12	7.63	25.76	1.66	18.39	0.49	3.09	”	
Среднее	18.39	22.98	13.97	8.26	9.28	26.97	1.47	14.68	2.98	1.20		
<i>Cystoseira</i> sp.	16.05	7.61	5.07	5.66	39.99	17.14	2.17	1.39	1.81	19.47	Берег Алжира	Müller, 1894
<i>Sargassum</i> <i>vulgare</i>	15.52	4.68	4.20	3.70	56.8	18.85	1.92	1.75	2.66	5.85	То же	То же
	24.58	23.72	20.40	4.02	17.90	14.65	1.84	17.47	–	–	Залив Кампече	Forschhammer, 1844
<i>S. bacciferum</i>	11.62	6.96	0.78	5.85	47.05	19.10	3.33	14.30	–	1.63	То же	То же
	19.39	33.40	2.83	13.03	13.42	13.15	1.08	26.63	2.60	–	Ангильские острова	Sorgenwinder, 1865
<i>Halidrys</i> <i>siliquosa</i>	11.19	15.49	15.41	7.55	10.12	17.89	2.95	37.24	2.39	1.50	Ла-Манш – Фекамп	Marchand, 1865
<i>Durvillea utilis</i>	–	28.73	12.57	0.87	14.89	20.65	2.61	19.68	–	–	Берег Чили	Forschhammer, 1844
<i>Cladostephus</i> <i>verticillatus</i>	28.25*	4.97	4.46	–	22.8	21.13	1.37	1.09	(10.0)	(10.0)	Берег Алжира	Müller, 1894
<i>Chorda fluminis</i>	17.56	21.11	1.66	9.99	13.56	31.70	2.07	18.30	0.22	4.37	Балтийское море	Vibrans, 1873
<i>Padina pavonia</i>	(58.90)	0.77	1.63	3.78	63.97	9.12	1.59	0.93	8.47	9.63	Берег Алжира	Müller, 1894
<i>Desmarestia</i> * sp.	–	5.3	20.5	1.38	2.47	2.2	2.6	19.34	5.18	–	Белое море	Из лаб. Севернод.
					То же, в % сухого веса							
<i>Laminaria</i> <i>digitata</i>	–	3.08	4.17	1.04	1.02	2.08 ³	0.41	–	0.55	–	Бретань, Франция	Vincent, 1924
<i>L. saccharina</i>	–	–	10.12	0.91	2.37	5.50	0.65	–	1.75	–	То же	То же
<i>L. cloustonii</i>	–	–	7.47	0.37	1.65	2.64	0.09	–	2.06	–	”	”

Таблица 17 (окончание)

Водоросли	Зола в сухом веществе	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	SO ₃	P ₂ O ₅	Cl	Fe ₂ O ₃ (Al ₂ O ₃)	SiO ₂	Место сбора	Автор
<i>Saccorhiza bulbosa</i>	—	—	—	1.66	2.09	2.03	0.383	—	0.75	—	"	"
<i>Fucus vesiculosus</i>	—	4.38	5.40	0.644	1.038	5.94	0.458	—	0.85	—	"	"
<i>F. serratus</i>	—	4.96	6.71	0.32	1.29	3.12	0.532	—	1.145	—	"	"
<i>Ascophyllum nodosum</i>	—	5.08	4.66	0.56	1.505	5.53	0.25	—	0.43	—	"	"
<i>Cystoseira fibrosa</i>	—	3.16	5.40	1.865	3.55	3.89	0.38	—	—	—	"	"
<i>Haliidrys siliquosa</i>	—	2.03	4.03	0.81	1.315	4.13	0.25	—	0.30	—	Ла-Манш	"
<i>Himantalia lorea</i>	—	6.07	9.42	0.378	2.06	3.51	0.21	—	—	—	Финистер, Франция	"
<i>Rehvelia saniculata</i>	—	4.95	3.27	0.783	1.50	9.80	0.16	—	—	—	Ла-Манш	"
<i>Chorda filum</i>	—	6.45	14.22	1.08	2.965	5.74	0.34	—	0.76	—	Бретань, Франция	"

¹ Forchhammer под P₂O₅ дает сумму фосфатов.

² На грубую золу. Содержит 11.09% песка.

³ Vincent во всех анализах дает H₂SO₄.

* Данные приведены не в оксидах, а в % элементов.

6. Phaeophyceae. Содержание Na и K

Высокое содержание Na в морских водорослях не требует особого объяснения. В золе водорослей его содержание в виде Na_2SO_4 или NaCl достигает иногда 30% и более²³. Соли K, которых в морской воде в десятки раз меньше, чем Na, также концентрируются водорослями. Более того, во многих водорослях оказалось K больше Na. Однако содержание щелочей Na и K в различных видах неодинаково. Прежде всего, возникает вопрос об отношении Na и K в отдельных видах водорослей, в частности у Phaeophyceae.

На первый взгляд (табл. 17) как будто бы и не наблюдается какой-либо закономерности. У одного и того же вида у разных авторов²⁴ преобладает то Na, то K. Однако после анализа результатов многих определений K и Na мы пришли к заключению, что во многих видах преобладание K вполне стабильно, как, например, в большинстве Laminariaceae. Заметим, что данные для K более близки к действительности²⁵. Na определялся²⁶ зачастую по разности или еще более неточно по количеству Cl. В то же время количество NaCl может сильно колебаться в зависимости и от приемов сбора и подготовки водорослей к анализу. Морская вода, содержащая в среднем около 3.8% NaCl, не может быть полностью удалена с поверхности свежих водорослей. Но и это была бы не беда, если бы при ее удалении пользовались однообразным испытанным приемом. Однако это не так. Одни авторы только отряхивают водоросли от воды, другие – удаляют воду при помощи фильтровальной бумаги и т. п.

Анализы Bertrand и его сотрудников (1927, 1928), которые частично приведены в таблице 18, представляют особый интерес, во-первых, потому, что Na был ими определен непосредственно, во-вторых, подготовка водорослей была однообразна. Просмотрев довольно многочисленные анализы на K и Na, мы должны сказать, что у многих видов водорослей преобладание K совершенно очевидно и постоянно, так, например, у большинства видов Laminariaceae. Косвенное доказательство преобладания K над Na в опытах с водорослями представлялось много раз.

Преобладание K над Na в видах Phaeophyceae было замечено еще в начале XIX в. Не остается сомнения, что, вероятно, большинство водорослей из Phaeophyceae, подобно наземной флоре, богаче K, чем Na, и только методические затруднения не позволяют этот вывод перенести на всех представителей морской флоры²⁷.

Так, например, уже из опытов Stanford (1862) и др., которые многократным намачиванием *Laminaria* и *Fucus* в воде добивались почти полного извлечения растворимых солей, следовало, что соли Na вымываются ранее. Нужно поэтому предполагать, что в первую очередь при этом отмываются соли с поверхности водоросли, относящиеся в известной мере к морской воде. Очень показательно, что соли K

²³ Натрий был найден в виде солей органических соединений. См. Hassid (1933).

²⁴ В табл. 18 содержание K в различных Phaeophyceae дается другой серией анализов, помимо приведенных в таблице 17. Дополнительные определения K см. в работах Johnson (1872); Frisby (1880); Shutt (1894); Cuniassse (1919), Skiner, Jackson (1913); Hendrick (1919).

²⁵ Фосфор и калий часто определяются одновременно.

²⁶ Или по NaCl. См. ранние определения щелочей у Cadet (1767).

²⁷ По поводу содержания Na и K в Суанорфусеae см. ниже. См. также опыты Vincent'a (1924) с культурами *Laminaria*, извлекавшими почти весь K.

менее быстро поддаются вымыванию непосредственно из водорослей, чем соли Na. Имеет значение, очевидно, разная проницаемость тканей водорослей для Na и K. Например, у *Fucus* и *Ascophyllum* с более плотным наружным эпителиальным слоем соли K и Na вообще с трудом отмываются и переходят в воду. Как известно, эти водоросли обитают в приливно-отливной зоне и определенную часть времени находятся вне воды. Подобно этому и другие ионы (например, иода) у этих водорослей отмываются труднее.

Таблица 18
Содержание Na и K в бурых водорослях и др. (в % в золе)

Водоросли	Na	K	Место сбора	Автор
Phaeophyceae				
<i>Laminaria saccharina</i>	3.264	20.804	–	Bertrand, Perietzeanu, 1927
<i>Pelvetia canaliculata</i>	8.221	12.034	–	Те же
<i>Padina pavonia</i>	4.03	4.91	Баньюльс-сюр-Мер	Bertrand, Rosenblatt, 1928
<i>Ascophyllum nodosum</i>	19.24	11.70	Роскоф, Франция	Те же
	17.16	14.27	Англия	Barlow, 1911
<i>Fucus serratus</i>	18.59	15.63	Роскоф, Франция	Bertrand, Rosenblatt, 1928
<i>F. vesiculosus</i>	13.85	18.21	Англия	Barlow, 1911
<i>F. serratus</i>	13.14	18.0	"	Тот же
Rhodophyceae				
<i>Rhodymenia palmata</i>	0.485	37.78	–	Bertrand, Perietzeanu, 1927

Таблица 19
Состав растворимой части золы гигантских водорослей и выцветов солей¹

Водоросли	CO ₂	SO ₄ ²⁻	Cl	K	KCl
<i>Nereocystis luetkeana</i> (лист)	0.52	5.26	46.52	36.55	71.0
<i>Nereocystis luetkeana</i> (выцветы) ¹	0.08	0.09	47.74	–	–
<i>Pelagophycus porra</i> (лист)	0.83	6.77	45.72	31.41	49.24 (+12.47 K ₂ SO ₄)
<i>Pelagophycus porra</i> (выцветы)	0.00	0.79	47.22	51.62	98.72

¹ Выцветами называются выкристаллизовавшиеся соли на водорослях при их высушивании. См. анализы выцветов наших *Laminaria* у А. Виноградова.

Более убедительные результаты были получены Valch (1909), а затем Burd (1945) и др. (см. также F.K. Cameron, 1912) при отмывании так называемых гигантских водорослей (табл. 19) из семейства Lessonioideae с Калифорнийского побережья Северной Америки. Главная масса растворимых солей из них состояла из KCl, а выцветы на этих водорослях были химически чистым KCl. В гигантских водорослях K оказался господствующим элементом. Из интересных анализов Hendrick

(1919) растворимой части золы Phaeophyceae также видно преобладание К над Na у *Laminaria*. Калищев (1926), Лясота (1926) и др. дали аналогичные анализы для других водорослей (табл. 20 и 32).

Bertrand с сотрудниками (1927, 1928) в последних работах повторил определение щелочей при многократных промываниях водорослей водой и получил следующие результаты (табл. 21).

Анализируя келп из разных мест, Balch (1909) установил, что наиболее богатым солями оказался келп с Тихоокеанского побережья Америки и Канады. Впервые Balch, как мы видели, нашел в 1909 г. отсюда водоросли с исключительным содержанием К и с меньшим содержанием Na (4 : 1); это были так называемые гигантские водоросли калифорнийского берега и Аляски: *Pelagophycus porra*, *Nereocystis luetkeana*, *Macrocystis pyrifera*. Содержание K_2O доходит до 40% золы, или до 2% на живой вес этих водорослей, причем форма более северная – *Nereocystis* богаче KCl, нежели более южная – *Macrocystis* и *Pelagophycus*, что следует из данных Cameron (1912); Parker, Lindemuth (1913), хотя у Turentine (1912) средние данные для К несколько выше у *Macrocystis*, чем у *Nereocystis*, но противоречия тут нет. Во-первых, для *Nereocystis* у него всего 6 определений²⁸. Затем автор сам отмечает в отдельных случаях исключительное богатство KCl *Nereocystis* сравнительно с другими. Следовательно, *Nereocystis* – самая богатая К водоросль из всех известных. Другие Laminariaceae несколько менее богаты калием, чем гигантские водоросли, но и для них преобладание К в определенных видах бесспорно. Мы имеем в виду виды *Laminaria* – *L. digitata*, *L. saccharina* и многие др. (см. табл. 17). Трофимов (1938а, с) приводит анализы экстракций солей из водорослей Кольского залива (*Laminaria saccharina* и *L. digitata*), состоящих из чистого KCl, который дает 2–2.5% сухого веса водорослей (см. данные по KCl в Laminariaceae с побережья Тихого океана, приводимые Kiesewetter, 1936).

Таблица 20
Химический состав растворимой в воде части золы различных водорослей (в % растворимых солей, без CO_2)

Вид	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	SO ₃	Cl	Место сбора	Автор
<i>Laminaria cloustonii</i> стебель	18.14	36.89	–	–	9.68	35.28	Шотландия	Hendric, 1916
<i>L. cloustonii</i> листья	22.69	27.45	–	–	17.49	32.15	”	Тот же
<i>L. L. flexicaulis</i> стебель	16.83	39.62	–	–	6.15	37.36	”	”
<i>L. L. Flexicaulis</i> листья	27.83	24.22	–	–	12.88	35.05	”	”
<i>Laminaria saccharina</i> (8) ¹	21.30	38.72	–	–	6.41	31.68	Побережье Тихого океана, вблизи Владивостока	Калищев ² , 1926
<i>Laminaria japonica</i>	18.22	41.22	–	–	6.24	32.86	”	Лясота, 1926
<i>Fucus serratus</i>	27.23	22.42	–	–	23.11	27.23	Шотландия	Hendrick, 1916

²⁸ Как будто бы в *Nereocystis* содержание К более колеблется, чем в других водорослях.

Таблица 20 (окончание)

Вид	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	SO ₃	Cl	Место сбора	Автор
<i>F. vesiculosus</i>	26.67	18.43	–	–	34.51	20.39	”	Тот же
<i>Ascophyllum nodosum</i>	30.93	15.86	–	–	30.93	20.28	”	”
<i>Cystoseira barbata</i> ³	23.44	24.72	0.41	0.42	23.61	26.82	Черное море	Шкателов, 1917
Различные водоросли (варек) (2)	11.54	29.53	–	0.33	7.91	49.62	Испания	Боде?

¹ Число в круглых скобках – количество проведенных анализов.

² В анализах приводится содержание CO₂.

³ MgO = 0.31. Значения для этого соединения не приводятся для других видов (согласно более поздним данным автора. – Прим. ред.).

Таблица 21
Извлечение дистиллированной водой Na и K из бурых водорослей

Водоросли	Na	K	Водоросли	Na	K
<i>Padina pavonia</i>	4.03*	4.91*	<i>Fucus serratus</i>	18.59*	15.63*
(1-е промывание)	1.14	3.79	(1-е промывание)	16.14	17.61
(2-е промывание)	0.94	3.95	(2-е промывание)	15.65	16.53
(3-е промывание)	0.42	1.51	(5-е промывание)	15.36	17.39
<i>Pelvetia canaliculata</i>	15.41*	9.25*	<i>Fucus platycarpus</i>	17.77	15.18
(1-е промывание)	15.66	9.27	(1-е промывание)	14.87	20.63
(2-е промывание)	15.88	9.80	<i>Cystoseira fibrosa</i>	2.76	18.79
(5-е промывание)	15.75	9.77	(3-е промывание)	13.88	24.77
<i>Ascophyllum nodosum</i>	19.24*	11.70*	<i>Himanthalia lorea</i>	13.88	24.77
(1-е промывание)	18.80	12.83	(3-е промывание)	13.03	12.36
(2-е промывание)	18.63	10.95	<i>Laminaria flexicaulis</i>	13.03	12.36
(5-е промывание)	18.68	10.56	(3-е промывание)	12.27	17.15
			<i>Laminaria saccharina</i>	12.27	17.15
			(3-е промывание)	12.27	17.15

* Первоначальное содержание щелочей, в % от содержания золы.

По Merz (1914), стебли *Nereocystis* и *Macrocystis* богаче K, чем пластинки. В настоящее время эти виды разрабатываются в Америке на калиевые соли²⁹.

В анализах для видов Fucaceae нет этой отчетливости – преобладания того или иного элемента (ср. содержание K у *Pelvetia* и у *Cystoseira*³⁰). В общем же они и менее богаты щелочами, чем, например, *Laminaria*. Для других семейств Phaeophyceae

²⁹ Заметим, кстати, что квасцовые сланцы, встречающиеся в пермо-карбоне в разных местах (например, в Скандинавии) и содержащие остатки водорослей, содержат много K.

³⁰ Очень своеобразные соотношения натрия и калия в приведенном примере *Pelvetia* и *Cystoseira* могут быть объяснены либо специфическим (видовым) характером содержания этих щелочей, либо эти различия обуславливаются возрастом, сезоном и т. п.

нет достаточных наблюдений, но очень вероятно, что и среди них окажутся виды с явно преобладающим содержанием калия; укажем в качестве примера виды *Lessonia*.

Sauvageau и Denigés наблюдали выцветы из чистого хлористого калия у *Cystoseira opuntioides*, *C. stricta*, *C. sedoides*, тогда как в видах *C. fibrosa*, *C. foeniculacea* и др. вместо хлористого калия в выцветах находился маннит, а у видов *C. myriophylloides*, *C. abrotanifolia* и др. – то и другое вместе. О выцветах гигантских *Laminaria* мы уже говорили выше.

Основываясь на всех известных фактах, следует считать, что Phaeophyceae обычно богаче калием, чем натрием, а для ряда семейств Phaeophyceae содержание калия очень велико и явно преобладает над натрием. Водоросли, обитая в среде, богатой натрием, концентрируют калий. Резкое уменьшение щелочей и калия, в частности, отмечается у видов, инкрустированных CaCO_3 , т. е. в водорослях по преимуществу из более низких широт.

В итоге Phaeophyceae по количеству калия в них можно разделить на четыре группы:

Концентраторы калия	роды <i>Macrocystis</i> , <i>Nereocystis</i> , <i>Pelagophycus</i> и др.
Богатые калием	роды <i>Laminaria</i> , у которых $\text{K} > \text{Na}$
С обычным содержанием калия	например, многие <i>Fucaceae</i> $\text{K} = \text{Na}$
Обедненные калием	редкие из Phaeophyceae, главным образом инкрустирующие (<i>Padina pavonia</i> и др.)

7. Phaeophyceae. Содержание Са и Mg

Содержание кальция и магния в золе водорослей, как это видно из таблицы 17, составляет порядок целых процентов и колеблется в довольно широких пределах. В общем, кальций преобладает в водорослях над магнием. Специальных анализов, которые бы выяснили более совершенно отношение кальция к магнию, неизвестно. Помимо тех анализов, которые приведены в таблице 17, данные для кальция можно найти и в других менее полных анализах водорослей, например у Brandt и Raben (1919–1922). Но они не изменяют картины. Для магния известны сериальные определения в водорослях, полученные Javillier (1930) (табл. 22).

Для Mg наблюдается известное однообразие. Содержание его во всех Phaeophyceae не превышает 5–10% в золе или до 0.5% в живом веществе и имеет значительно меньший размах колебаний, чем для Са.

Таблица 22
Содержание Mg в водорослях, % в золе

Водоросли	Mg
Phaeophyceae	
<i>Fucus vesiculosus</i>	4.29
<i>Ascophyllum nodosum</i>	6.55
<i>Laminaria digitata</i>	4.48
Rhodophyceae	
<i>Chondrus crispus</i>	6.81
<i>Ceramium rubrum</i>	1.14

Те же отношения Ca/Mg имеют место и у наземных растений³¹. Количество Mg не повышается у видов *Phaeophyceae*, если они даже почему-либо обогащаются Ca, и даже в этом случае иногда несколько уменьшается, например, у *Padina pavonia*, *Sargassum vulgare*, *Cystoseira* (табл. 17). Повышение против среднего обычного содержания Ca для видов *Phaeophyceae* не является характерным. Процесс отложения CaCO₃ (кальцификация)³² может быть отмечен для очень немногих видов этого класса. Этого и следовало ожидать заранее, поскольку многочисленные виды из родов *Laminaria*, *Fucus*, *Desmarestia* и др. имеют распространение преимущественно в более высоких широтах – в умеренных и холодных областях моря. Здесь обмен Ca не проявляется с той интенсивностью, с какой наблюдается в тропиках и в теплых морях. В соответствии с этим виды *Phaeophyceae*, обитающие преимущественно в теплых и жарких областях моря, обнаруживают склонность к накоплению CaCO₃.

Из таблицы 17 видно, что *Padina pavonia* и, возможно, другие *Dictyotaceae* (и отчасти виды *Sargassum*, *Cystoseira*) содержат довольно часто сравнительно больше CaCO₃, чем другие *Phaeophyceae*. Однако только для *Padina pavonia*³³ отмечается участие в образовании известковых отложений. Для других видов *Dictyotaceae* анализы неизвестны. Другие виды из теплого моря, как правило, содержат Ca в обычных для всех *Phaeophyceae* количествах³⁴. Минералогический характер отложений CaCO₃ в *Phaeophyceae* (*Padina pavonia*) неизвестен, но, исходя из состава золы, вероятно, аморфная форма CaCO₃ либо арагонит. Mg и Ca связаны в водорослях с ионами Cl⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻ и различными органическими кислотами. Белковые соединения Ca и Mg и Ca-пектинаты были открыты Wille (1899); Molisch (1926); Read, How (1927); Kylin (1929). Bird, Naas (1931) определяли различные формы состояния Ca в водорослях (Ca-органические соединения и т. п.); об отношениях Mg к Ca в клеточном соке водорослей см. далее.

В итоге мы должны заметить, что обмен Ca и Mg у *Phaeophyceae* не играет той роли, какую он занимает в других классах водорослей. Его нельзя также здесь сравнить и с обменом K – исключительной геохимической функцией большинства *Phaeophyceae*.

8. *Phaeophyceae*. Содержание S, Cl, P

Из анализов растворимой части золы водорослей, а также анализов клеточного сока водорослей видно, что фосфор и сера частично находятся в виде SO₄²⁻ и PO₄³⁻. Другие формы нахождения P и S в водорослях (органические соединения) менее известны, хотя Sirahama (1938a) выделял органические соединения фосфора из бурых водорослей. Поэтому анализы золы водорослей на фосфор, серу и хлор, как это обычно делается, еще не вполне указывают на действительные содержания этих элементов в водорослях. И фосфор, и еще больше сера, на что неоднократно обращалось внимание (Berthelot, Bertrand), при непосредственном сжигании водорослей и других организмов теряются. Тот, кто работал с водорослями, замечал

³¹ Исключение составляют семена, где Mg преобладает над Ca.

³² См. подробнее об инкрустации, кальцификации и т. п. в главе XXI.

³³ Forchhammer (1844) нашел в золе *Padina pavonia* 72% CaO.

³⁴ У Forchhammer (1844), Vibrans (1873), Wheeler, Hartwell (1893) и др. водоросли из Балтийского моря относительно других больше содержат Ca. Здесь не исключено загрязнение, хотя следует отметить регулярное увеличение содержания CaCO₃ (и Fe₂O₃) у водорослей опресненных водоемов.

выделение H_2S из золы водорослей при обработке ее кислотой. Поэтому все определения серы в водорослях (и в меньшей степени Р) следует рассматривать как минимальные данные.

Эксперименты Hoagland, Liev (1915) показали потерю S в водорослях, которая наблюдалась даже тогда, когда они тщательно высушивались.

	% S до высушивания	% S после высушивания
<i>Macrocystis pyrifera</i>	1.20	1.08
<i>Iridaea laminarioides</i>	8.97	8.76
<i>Ulva fasciata</i>	4.49	4.36

Еще Sengbusch в 1894 г. отмечал увеличение S при анализе *Fucus vesiculosus*, когда он применил метод определения, исключавший потерю серы (сплавление с щелочами). Он получил S, исходя из золы водоросли, около 2% SO_3 на сухое вещество, а во втором случае (исходя из сухого) – до 8%. То же наблюдал Church (1877) для *Chondrus crispus*³⁵ из золы – 2.64% S, а из сухого – 6.41% S. Hoagland, Liev (1915); Read, How (1927) дали серию определений серы, исходя из сухого вещества водорослей.

Hoagland, Liev (1915) отмечали преобладание в водорослях серы органических соединений. Общее содержание S в водорослях ставит их по этому признаку в первые ряды организмов, участвующих в геохимическом обмене серы в природе. Других столь богатых S организмов назвать трудно, исключая, конечно, серобактерии. Водоросли извлекают SO_4^{2-} из морской воды и частично редуцируют сульфаты до S-органических веществ³⁶. Дальнейшая история S в водорослях мало изучена, равно как почти не затронут вопрос об истории серы водорослей после их гибели. (См. по этому поводу соображения Forchhammer, 1844.)

Обращает внимание различие в содержании серы у двух родов *Laminaria* и *Fucus*. Причем в соответствии с меньшим содержанием S (сульфатов, SO_4^{2-}) у *Laminaria*, чем у *Fucus*, у первых больше Cl. Иными словами, отмеченное уже выше богатство K видов гигантских водорослей и *Laminaria* по существу есть богатство их KCl. Отсюда следует, что Fucaceae богаче, вероятно, S вообще и SO_4^{2-} в частности. Таблицы 23 и 24 подтверждают эти соображения. Различия эти еще более рельефно выступают в анализах Hendrick (1916; см. табл. 20). Отсюда следует допустить, что различные водоросли имеют в растворе тканей своеобразные, им привычные комбинации ионов. Read, How (1927) получили результаты, приведенные в таблице 24.

Таблица 23
Содержание S в различных водорослях (в % сухого вещества)

Водоросли	Число анализов	S	Авторы
<i>Macrocystis pyrifera</i>			
стебли	2	0.77	Hoagland, 1915
листья	2	1.20	Тот же
	3	1.04	Turrentine, 1912

³⁵ Из Rhodophyceae.

³⁶ Haas с сотрудниками (1935) считает, что S в водорослях находится в виде $R \begin{matrix} \text{OSO}_2\text{O} \\ \text{OSO}_2\text{O} \end{matrix} \text{Ca}$, где R – углеводород; по Nelson, Cretcher (1931), в виде R – O – SO_2 – (OH) сульфата метилпентозы. См. Neuberg, Ohle (1921).

Таблица 23 (окончание)

Водоросли	Число анализов	S	Авторы
<i>Nereocystis luetkeana</i> , стебли	2	0.45	Hoagland, 1915
листья		1.27	Тот же
<i>N. luetkeana</i>		0.55	Turrentine, 1912
<i>Pelagophycus porra</i> стебли		0.71	Hoagland, 1915
листья		1.03	Тот же
		0.93	Turrentine, 1912
<i>Laminaria andersonii</i>		2.12	Hoagland, 1915
<i>L. japonica</i>		0.65	Read, How, 1927
<i>L. religiosa</i>		0.63	Те же
<i>Egregia menziesii</i>		1.17	Hoagland, 1915
<i>Sargassum siliquastum</i>		0.70	Read, How, 1927
<i>Iridaea</i> sp. (Rhodophyceae)		8.16	Hoagland, 1915

Таблица 24

	<i>Laminaria japonica</i>	<i>Laminaria religiosa</i>	<i>Sargassum siliquastum</i>
Свободнораств. в воде SO ₄ ²⁻	0.0	0.05	0.35
Растворим, в кисл. SO ₄ ²⁻	0.6	0.0	0.53
S-эфирно-серн. соед. (SO ₄ ²⁻)	1.04	1.64	0.64
Нейтральн. S (белки) (SO ₄ ²⁻)	0.29	0.2	0.55

Таблица 25
Содержание P в Phaeophyceae (в % сухого вещества)
из Калифорнии (США)

Водоросли	Число анализов	P	Автор
<i>Macrocystis pyrifera</i>	4	0.44	Cullen (см. Turrentine, 1912)
лист	19	0.38	Burd, 1915
стебель	19	0.24	Тот же
<i>Nereocystis luetkeana</i>	2	0.34	Cullen (см. Turrentine, 1912)
лист	13	0.37	Burd, 1915
стебель	13	0.23	Тот же
<i>Pelagophycus porra</i>	–	0.22	Cullen (см. Turrentine, 1912)
лист	5	0.36	Burd, 1915
стебель	5	0.24	Тот же
<i>Egregia laevigata</i>	2	0.49	”
<i>Egregia menziesii</i>	3	0.55	”
	–	0.78	Cullen (см. Turrentine, 1912)
<i>Postelsia palmata</i>	–	0.45	Тот же
<i>Laminaria andersonii</i>	–	0.33	Burd, 1915

Мы уже отметили зависимость содержания Cl^{-} от количества SO_4^{2-} и связь их с содержанием в водорослях К. Трофимов (1938а) показал, что зола *Laminaria* из Белого и Баренцева морей содержит 32.6% хлоридов, а *Ascophyllum nodosum* – от 13.5 до 23.28%. Если исключить данные Forchhammer (1844) для фосфора, как относящиеся собственно к сумме фосфатов, и некоторые для японских водорослей, идущих на пищу (например, *Capea elongata* содержит до 11.22% (!) P_2O_5), то среднее содержание фосфора в Phaeophyceae составляет около 2% P_2O_5 в золе или около 1% Р в живом веществе³⁷. Отклонения обычно невелики, напоминая в этом смысле содержание Mg.

Можно привести еще целый ряд анализов, помимо указанных в таблице 25. Все эти данные могут быть взяты из более полных систематических анализов того или иного вида. Отдельных сериальных определений Р в водорослях почти неизменно (см. у Cullen, 1912; Turrentine, 1912). L. Cayeux (1933) находил для водорослей *Fucus*, *Laminaria*, *Pelvetia* из Сен-Серван-сюр-Мер P_2O_5 в сухом веществе от 0.23 до 1.46% (табл. 25). В анализах Schweitzer (1845); Marchand (1865); Russell (1910); Brandt, Raben (1919–1922); Vincent (1924) и др., как правило, виды Laminariaceae несколько богаче фосфором, чем другие Phaeophyceae. Обращают внимание *Egria laevigata* и *E. menziesii* в анализах Turrentine (1912), Cameron (1912), Burd (1915) по относительно большому содержанию Р. Качественно распределение фосфатов в водорослях изучалось Kylin (1929).

9. Phaeophyceae.

Сезонные изменения в содержании Na, K, Ca, Mg, P, S и Cl

Параллельно с изменением общего содержания воды и золы у водорослей в течение года происходят изменения и в содержании отдельных химических элементов, достаточно еще не изученные (табл. 26).

По имеющимся немногочисленным данным, увеличение содержания К, Р, Са в общем приходится на весенние месяцы (март – апрель) и, вероятно, уменьшается постепенно до зимы, после чего вновь начинает увеличиваться содержание воды в водорослях (март), а вместе с ней поступают и растворимые в морской воде соли. Этот процесс, очевидно, для разных широт сдвинут в ту или иную сторону и зависит, кроме того, вероятно, еще от времени спорообразования, различного у того или иного вида. Калищев (1926) произвел определения *Laminaria* с тихоокеанского побережья (вблизи Владивостока) за июль – октябрь. Резких изменений в составе растворимых зольных частей *Laminaria* отметить нельзя. Ведринский (1938б) не обнаружил закономерностей в содержании Р и S в *Laminaria* в течение года.

10. Rhodophyceae.

Содержание K, Na, Ca, Mg, P, S и Cl

Анализ, относящихся к этому классу водорослей, во много раз меньше, чем для видов Phaeophyceae. К тому же они единичны – относятся к разным видам. И здесь значительно труднее составить представление о связи определенного состава с тем или иным видом водорослей, нежели то можно было бы сделать, хотя и

³⁷ Очевидно, в этом случае анализировалась не водоросль, а продукт из нее. Высокое содержание Р в культивируемых водорослях – см. Warington (1879), *Porphyra* и др.

далеко неудовлетворительно, в отношении некоторых Phaeophyceae. Единственно несомненным является для многих Rhodophyceae более сильно выраженная, чем у Phaeophyceae, Ca-функция. Для Phaeophyceae, как мы уже говорили, можно считать наиболее важным участием их в K-обмене (помимо серы, иода и некоторых других, общих в той или иной мере всем водорослям). У Rhodophyceae руководящим химическим элементом является Ca, а затем для определенных видов и Mg. У Rhodophyceae Ca-функция дифференцирована. Удобно по отношению к накоплению Ca разбить все Rhodophyceae по этому признаку на три группы:

1-я группа – большинство водорослей из Rhodophyceae: роды *Chondrus*, *Delesseria*, *Polysiphonia*, *Nitophyllum* и др. Содержание Ca в них напоминает его содержание в Phaeophyceae (обычно для всех водорослей).

2-я группа – концентрирующая Ca и отлагающая его в виде инкрустаций CaCO₃ (вероятно, в виде арагонита). Это виды родов *Galaxaura*, *Laurencia*, *Liagora* и др.

3-я группа – собственно кальциевые водоросли, или, вернее, известково-магнезиальные, концентрирующие CaCO₃ (и MgCO₃) в виде кальцита. Это виды *Corallinaceae*.

Таблица 26

Изменение состава золы водорослей в течение сезона (в % сухого вещества)

Водоросли	K ₂ O			MgO			CaO			P ₂ O ₅			Сухое вещество			Автор
	январь	март	сентябрь – октябрь	январь	март	сентябрь – октябрь	январь	март	сентябрь – октябрь	январь	март	сентябрь – октябрь	январь	март	сентябрь – октябрь	
<i>Laminaria saccharina</i>	–	2.83	0.80	–	1.55	1.39	–	2.76	3.28	–	0.46	0.35	12.15	6.10	17.78	Wheeler, Hartwell, 1893
<i>Laminaria digitata</i>	3.92	–	0.68	1.88	–	1.30	2.78	–	2.57	0.58	–	0.23	12.66	7.06	17.78	Те же
	–	3.45	2.34	–	–	–	–	1.96	1.65	–	1.29	1.65	–	13.0	18.0	Toms, 1905
<i>Ascophyllum nodosum</i>	2.93	2.77	2.74	1.54	1.50	1.54	2.03	2.10	2.28	0.38	0.38	0.30	21.13	19.76	27.32	Wheeler, Hartwell, 1893
<i>Fucus vesiculosus</i>	2.05	2.77	3.14	1.24	1.34	1.22	1.67	2.04	1.84	0.45	0.60	0.40	24.81	16.51	29.02	Те же
	–	2.62	2.50	–	–	–	–	1.30	1.30	–	0.36	0.85	–	22.6	23.6	Toms, 1905
<i>Chondrus crispus</i>	5.11	3.67	3.69	1.37	1.49	1.37	2.68	1.09	2.07	0.69	0.57	0.40	28.61	17.88	25.39	Wheeler, Hartwell, 1893
<i>Phyllophora membranifolia</i>	2.28	2.80	3.62	2.03	2.34	1.66	15.71	19.20	8.99	0.39	0.41	0.48	35.76	37.68	28.03	Те же

Таблица 27
Химический состав золы *Rhodophyceae* (в % золы)

Водоросли	Зола, в % сухого вещества	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	SO ₃	P ₂ O ₅	Cl	Fe ₂ O ₃ (Al ₂ O ₃)	SiO ₂	Место сбора	Автор
<i>Chondrus crispus</i>	20.61	18.73	17.32	11.35	7.16	41.24	0.41	3.79	—	—	Пролив Каттегат	Forchhammer, 1844
<i>Ch. Plicatus</i>	8.37	26.93	9.08	8.12	16.50	19.69	5.35	14.33	—	—	Хоффмансхаве, Дания	Тот же
<i>Furcellaria fastigiata</i>	18.92	23.47	20.24	10.46	7.25	30.92	2.21	5.24	—	0.21	Пролив Каттегат	”
	29.28	15.71	9.24	8.23	17.35	36.62	1.94	8.39	1.17	2.75	Балтийское море	Vibrans, 1873
<i>Delesseria sanguinea</i>	11.61	23.17	14.90	6.46	4.35	44.18	2.36	4.58	—	—	Пролив Каттегат	Forchhammer, 1844
	39.52	20.59	8.61	1.87	16.53	2.44	46.49	3.31	0.63	0.30	Балтийское море	Vibrans, 1873
<i>Polysiphonia elongata</i>	15.17	13.33	22.61	15.30	4.47	30.54	1.76	8.84	—	3.15	Хоффмансхаве, Дания	Forchhammer, 1844
<i>Gracilaria armata</i>	(12.12)	6.91	8.09	3.55	26.98	25.58	4.20	2.39	7.20	15.37	Берег Алжира	Müller, 1894
<i>G. confervoides</i> (<i>sphaerococcus</i>)	—	26.37	3.94	2.00	6.25	7.61	4.61	23.53	14.96	14.60	Лагуны Венеции	Sestini, 1877
<i>Iridaea edulis</i>	9.86	16.93	23.42	?	20.46	25.20	13.01	0.98	—	—	Пролив Каттегат	Forchhammer, 1844
<i>Ceramium rubrum</i>	14.34	23.94	7.08	1.91	17.44	30.89	2.95	17.65	1.02	1.05	Балтийское море, Барнов	Vibrans, 1873
<i>Galaxaura fragilis</i>	—	1.56	2.18	0.85	88.6	(2.27)	—	2.50	—	2.03	Антильские острова (Вест-Индия)	Damour, 1851
<i>Laurencia obtusa</i>	(42.60)	3.36	2.52	4.18	63.35	13.70	2.11	Следы	4.18	6.60	Берег Алжира	Müller, 1894
<i>Liagora viscida</i>	(64.7)	1.96	1.41	0.72	82.38	10.69	0.99	0.52	0.79	0.34	То же	Тот же
		То же в % сухого вещества										
<i>Chondrus crispus</i>	—	9.15	3.03	1.09	0.655	8.64	—	—	—	—	Бретань, Франция	Vincent, 1924
<i>Furcellaria fastigiata</i>	—	8.23	8.16	0.72	0.88	6.22	0.367	—	—	—	То же	Тот же
<i>Rhodomela pinastroides</i>	—	4.62	11.74	0.382	4.85	8.710	0.088	—	—	—	”	”
<i>Nitophyllum punctatum</i>	—	8.76	11.63	0.526	0.287	1.22	0.362	—	—	—	”	”
<i>Solieria chordalis</i>	—	18.15	17.75	0.66	0.459	8.03	0.254	—	—	—	”	”
<i>Rhodymenia palmata</i>	—	3.00	10.80	0.83	1.75	1.423	0.567	—	0.628	—	”	”

Сначала мы рассмотрим подробнее первые две группы³⁸. Виды, которые мы относим к первой или второй группе, не являются резко обособленными ни в химическом, ни в систематическом отношении. С химической стороны найдутся виды с переходным количеством Ca (см., например, *Ceramium*, *Iridaea*, *Rhodomela* и др.). С систематической стороны очень часто ряд видов одного рода или семейства попадает в первую группу, а ряд других видов того же рода – во вторую группу. Различия морфологические в этом случае усугубляются своеобразием химического состава, что обычно связано и с различной широтой местообитания этих видов (ср., например, разные виды *Laurencia* и *Polysiphonia* и др.).

Первая группа, как мы уже сказали, содержит Ca и Mg в количествах, подобных подавляющему большинству³⁹ Phaeophyceae (см. табл. 25)⁴⁰. Виды Rhodophyceae из теплых вод, которые можно отнести к первой группе, имеют тенденцию обогащаться Ca. Однако этот признак у них не получает окончательного оформления. Содержание Ca в них редко колеблется, например у *Gracilaria*, *Phyllophora* (см. Müller, 1894). *Actinotricha* из морей Индонезийского архипелага способна также концентрировать CaCO₃. Иное во второй группе. Еще Schweigger в 1819 г. и Kützing в 1843 г. отметили инкрустацию CaCO₃ у *Liagora viscida*. Damour (1851) дал первые анализы водорослей, относимых нами к 2-й группе, а именно *Galaxaurae*⁴¹. Целый ряд других видов, близких названным, – *Laurencia*, *Peyssonnelia calcea*, *Cruoriella* и ряд видов *Nemalionales*, помимо *Galaxaura*, *Liagora*, *Batrachospermum*, *Wrangelia penicillata* и др., концентрируют CaCO₃. К сожалению, для них нет анализов, кроме качественных проб. CaCO₃ отлагается, по определению Meigen (1910), у *Calaxaura*⁴² в виде арагонита. В связи с увеличением количества Ca у этих видов уменьшено содержание других элементов – щелочей, хлоридов и сульфатов.

Отношение K к Na в водорослях 1-й и 2-й групп из имеющихся анализов неясно (см. табл. 27). Общее содержание щелочей напоминает содержание их у Fucaceae, т. е. исключительного накопления K, как это мы имели у гигантских Laminariaceae и даже *Laminaria*, здесь нет. Очень вероятно, что во многих видах будет наблюдаться преобладание K, например, для *Rhodymenia*, в которых было 12,22% K на сухое вещество (см. анализы Bertrand, Rosenblatt (1928); Wheeler, Hartwell (1893); Vincent (1924); Butler (1931). Weevers (1911) нашел гистохимически K в спорах *Ceramium*, *Callithamnion* и в тканях других красных водорослей. Таким образом, увеличение в водорослях количества Ca ведет к уменьшению в них K, и наоборот (*Laminaria*). Этот антагонизм имеет не только физиологическое, но и большое геохимическое значение.

Содержание P в Rhodophyceae (табл. 28) нередко выше его обычного содержания у других водорослей⁴³. Это особенно видно при расчете P на сухое вещество, что

³⁸ Качественные пробы см. у Bley (1832), O'Shaughnessy (1834–1837), Schmidt (1845), Frémy (1923, по пресноводным видам), Herberger, Riegel, Nygörd. См. также таблицу 32.

³⁹ В так называемых *tengusa* (*Gelidium*), *yegenori* (*Camphylophora hypnaecoides*) и *ogonori* (*Gracilaria*) Matsui (1916d) нашел больше Mg, чем Ca.

⁴⁰ Illari (1944) отличает в *Gelidium corneum* из Мессинского пролива (Средиземное море) 15% H₂O; 20,03% протеина; 13,99% целлюлозы и 3,38% золы. Последняя содержит 32,47% SiO₂; 28,32% SO₃; 2,41% P₂O₅; 1,57% Fe₂O₃; 29,87% CaO; 2,70% MgO и 1,09% Na₂O. Большая часть материала, не поддающаяся аналитическому определению, относится к галактину.

⁴¹ См. Kohl (1889) – *Galaxaura rigida*, *G. rugosa*, *G. lapidescens*.

⁴² Для других минералогический характер отложений CaCO₃ не известен. Очень вероятно, что это тоже арагонит.

⁴³ Мы не приводим анализов красных водорослей, используемых в пищу, где содержание P₂O₅ достигает 10% и более на сухое вещество (в результате обработки и т. п.). См. также Tetsunosuke, Yahagigawa.

отчасти зависит от относительно малого содержания в этих видах воды, например в *Phyllophora membranifolia*. Haas, Russel-Wells (1935) показали, что количество P в водорослях изменяется от месяца к месяцу и различно в различных фракциях. Общий P установлен в следующих образцах:

	% P в сухом веществе
<i>Iridaea (= Dilsea) edulus caspica</i>	0.41
<i>Chondrus crispus</i>	0.22
<i>Polysiphonia fastigiata</i>	0.22

Таблица 28
Содержание P в Rhodophyceae (в % сухого вещества)

Водоросли	Число анализов	P	Место сбора	Авторы
<i>Rhodymenia palmata</i>	2	0.30	Род-Айленд, США	Wheeler, Hartwell, 1893
<i>Polyides rotundus</i>		0.26	То же	Те же
<i>Iridaea</i> sp.		0.30	Калифорния, США	Burd, 1915

Lamberg (1928) в пигментах, выделенных из *Porphyra tenera*, *Rhodomela*, нашел Ca, Mg, P и Fe. О сезонных изменениях химического состава см. таблицу 26.

У Rhodophyceae, особенно в видах, не концентрирующих Ca, т. е. 1-й группы, содержание S достигает, по-видимому, максимума. S в них больше, чем у всех других водорослей; так, для *Iridaea* Hoagland получил исключительно высокое содержание S, тоже Church (1877) – для *Chondrus crispus*, Vincent (1924) – для *Rhodomela pinastroides*, *Chondrus crispus*, *Solieria chordalis* и др. (см. табл. 23 и 27).

Сравним количество S в *Chondrus*, приводимое Butler (1931), Vincent, Sarazin, Hervieux (1935). Согласно их определениям, количество SO₃ в Laminariaceae составляет в среднем 0.65%, в Fucaceae – 1.60%. Masters, McCance (1939) обнаружили около 5.46% S в сухой *Chondrus crispus*. S присутствует в этих организмах в форме сульфатов, эфиров серных кислот, связанных, в свою очередь, с углеводами и другими веществами, белковой серы и других соединений. Иными словами, S присутствует на всех стадиях окисления и в составе многих различных соединений, которые меняются от вида к виду.

11. Corallinaceae.

Содержание Na, K, Ca, Mg, P, S, Cl

Corallinaceae широко распространены во всех морях, от арктических широт до тропиков. Селятся они на глубинах до 400 м, куда едва проникает свет. Если две первые группы Rhodophyceae (см. с. 75) близки между собой с систематической стороны, то третья группа, куда мы относим Corallinaceae, отличается от них не только в морфологическом отношении, но и по химическому составу. О нем мы знаем главным образом то, что касается Ca и Mg, и совсем немного о нахождении других химических элементов. Bouvier в 1791 г. дает анализ *Corallina officinalis*; Merat-Guillot в 1797 г. исследовал известковую *Corallina articulea*, а Hatchett в 1800 г. находит, что *Corallina opuntia* (которая считалась известковой губкой) содержит в скелете CaCO₃ и очень мало фосфатов. Принадлежность к водорослям Corallinaceae была установлена Schweigger в 1820 г. Более полные анализы, в настоящее время нас уже не удовлетворяющие, появляются вскоре – в 1834 г. – Рауен. Каче-

ственное указание на присутствие CaCO_3 находим у Kützing (1843) (*Jania rubens*); Melnikoff (1877) и Kohl (1889) дают сводку растений, концентрирующих CaCO_3 , называя в том числе и *Corallinaceae* (см. также Violette et Archambault)⁴⁴. Damour (1851) первый, по-видимому, обращает внимание, что *Corallinaceae*, например, *Lithothamnium* содержат в своих скелетах не только CaCO_3 , но и значительные количества MgCO_3 ⁴⁵. Возникшая в это время идея об участии организма в образовании доломитов (Forchhammer, 1850, 1852; Ludwig, 1862; Bischoff, 1847) не затронула вопроса о значении этих водорослей в доломитообразовании. И только в самом конце прошлого века и за последние тридцать лет в связи с этим предположением появляется большая серия анализов *Corallinaceae* (табл. 29). Сейчас стало известно, что *Corallinaceae* играют большую геохимическую роль. В палеозое *Solenopora*, которые, как полагают, генетически связаны с *Corallinaceae*, образовали рифы. К несчастью, анализы остатков *Solenopora* нет, но было бы интересно узнать, содержали ли они MgCO_3 .

Здесь мы впервые встречаемся с организмами, содержащими большие количества $\text{Mg}(\text{MgCO}_3)$, достигающие до 36% MgCO_3 при 60–90% CaCO_3 в золе. Зольный остаток этих водорослей составляет почти 50% их веса в живом состоянии. Содержание воды в них точно не установлено. Согласно Putter (1908), в *Corallina mediterranea* было найдено 79.8% H_2O , 9.8% органического вещества и 73.4% золы в живом веществе.

Таким образом, *Corallinaceae* являются известково-магнезиальными организмами. Содержание CaCO_3 и MgCO_3 у разных видов *Corallinaceae* относительно мало колеблется. Были попытки связать содержание MgCO_3 с температурным режимом местообитания водорослей, подобно тому, как это известно для морских животных, имеющих аналогичный химический состав скелетов (см. Echinodermata, а также табл. 30). Но правило – чем ближе местообитание вида к экватору, тем более содержится в нем Mg – полностью не выдерживается, например, в случаях с *Lithothamnium racemosum*. Исключения видны и для других видов: например, *Lithothamnium* с Явы содержит 3.76% MgCO_3 ⁴⁶, а *Lithothamnium glaciale* из Арктики – 13.19% и т. п. Clarke, Wheeler (1922) для *Goniolithon* из Багамы получили максимальные числа содержания MgCO_3 – до 24.0%, а для *Goniolithon* из Флориды – до 25.17%, и в то же время *Goniolithon* из Австралии имел 13.66% MgCO_3 . У Clarke, Wheeler (1922) возникал вопрос: не связаны ли эти различия в составе с возрастом?

Результаты анализов приводятся в таблицах 31 и 32, но вопрос остается открытым и требует дальнейшего изучения.

⁴⁴ См. Wallner (1938) о CaCO_3 в водорослях из пресноводных бассейнов, образующих осадки: Desmidiaceae – *Oocardium*, *Cosmarium nitidum* и *Hudrurus crystallophorus*. Frémy (1923) указывает на инкрустации из CaCO_3 на *Batrachospermum*; см. Wallner (1938) о кальции в *Rivularia*.

⁴⁵ О содержании MgCO_3 известно было ранее из данных Bouvier (1791), Payen (1843).

⁴⁶ Возможна ошибка.

Таблица 29
Химический состав *Sogallinaseae* (в % сухого вещества)

Водоросли	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	SO ₃	P ₂ O ₅	Cl	Fe ₂ O ₃ (Al ₂ O ₃)	SiO ₂	CO ₂ + органическое вещество	Место сбора	Автор
<i>Lithothamnium ramulosum</i>	—	—	3.06	45.88	—	—	—	0.41 ²	1.91	44.98	Неаполитанский залив	Schwager (см. Walther, 1885)
<i>L. sp.</i>	—	—	1.90	48.09	—	—	—	0.28 ³	1.59	44.93	То же	То же
<i>L. nodosum</i>	—	—	2.66	47.14	0.06	—	—	2.96	—	42.63	—	Gimbel, 1871
<i>L. glaciatae</i>	—	—	4.78	45.41	0.14	Следы	—	0.23	0.41	48.0	Ньюфаундленд	Clarke, Wheeler, 1922
<i>L. kaiseri</i>	1.10	0.24	7.69	40.76	0.78 ¹	0.46	—	0.02	0.02	49.09	О-в Тугула, Самоа	Lipman, Shelley, 1924
<i>L. erubescens</i>	—	—	7.52	42.96	0.61	Следы	—	0.12	0.19	47.89	Индонезийский архипелаг	Clark, Wheeler, 1922
<i>L. crassum</i>	—	0.96	1.90	40.60	6.89 ¹	0.03	—	1.93	—	10.39	Нормандия, Франция	Vincent, 1924
<i>L. calcareum</i>	—	—	2.13	48.35	0.96 ¹	Следы	—	0.9	—	0.45	Конкарно, Франция	То же
<i>Lithophyllum sp.</i>	0.55	0.27	5.89	43.32	0.95	0.32	0.60	0.08	—	44.17	Средиземное море	Damour, 1851
<i>L. pallescens</i>	—	—	6.42	40.39	0.71	0.11	—	0.22	1.01	49.94	Калифорния, США	Clarke, Wheeler, 1922
<i>L. craspedium</i> f. <i>Mayorii</i>	2.06	0.25	8.0	42.22	0.81 ¹	0.38	—	—	0.28	46.95	Атолл Роз	Lipman, Shelley, 1924
<i>L. craspedium</i>	—	—	8.64	41.56	0.15	0.03	—	0.09	0.03	48.37	Атолл Пальмира, Тихий океан	Clarke, Wheeler, 1922
<i>L. daedaleum.</i>	—	—	8.14	40.48	0.44	Следы	—	0.08	0.18	49.99	Пуэрто-Рико	То же
<i>L. anillarum</i>	—	—	7.24	43.34	0.57	—	—	0.10	0.04	48.11	То же	«
<i>L. oncodes</i>	—	—	8.07	42.57	0.27	0.08	—	0.12	0.09	47.96	О-в Козтиви, Индийский океан	«
<i>L. oncodes</i>	1.42	0.45	6.65	43.78	0.87 ¹	0.25	—	—	0.06	47.29	О-в Тугула, Самоа	Lipman, Shelley, 1924
<i>L. intermedium</i>	—	—	7.25	42.55	0.02	Следы	—	0.21	0.27	48.63	О-в Ямайка	То же
<i>L. tarniense</i>	—	—	8.81	41.07	0.69	—	—	0.16	0.12	48.77	Новая Гвинея	«
<i>L. pachydermum</i>	—	—	6.47	42.60	0.59	0.00	—	0.08	0.04	49.55	Багамские острова	«
<i>L. pachydermum</i> (молодой)	—	—	10.69	37.66	0.79	Следы	—	0.11	0.04	50.64	То же	«
												Kamm (см. Clarke, Wheeler, 1922)

Таблица 29 (окончание)

Водоросли	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	SO ₃	P ₂ O ₅	Cl	Fe ₂ O ₃ (Al ₂ O ₃)	SiO ₂	CO ₂ + органическое вещество	Место сбора	Автор
<i>L. pachydermum</i> (старый)	—	—	6.54	44.88	0.71	—	—	0.14	0.09	47.51	«	Тот же
<i>Lithophyllum kaiseri</i>	—	—	7.09	45.92	0.00	—	—	0.28	—	45.72	«	Chambers (см. Vaughan, 1918)
<i>L. kaiseri</i>	2.83	0.49	7.84	40.28	0.94 ¹	0.38	—	—	0.18	49.79	«	Lipman, Shelley, 1924
<i>Lithophyllum kaiseri</i>	1.91	0.87	7.28	41.76	0.90 ¹	0.48	—	—	0.16	48.71	«	Те же
<i>Lithophyllum proboscideum</i>	2.78	0.34	3.88	40.31	0.97 ¹	0.30	—	0.64 ²	8.38	42.31	«	«
<i>Archeolithothamnium erisporum</i>	—	—	5.93	44.80	0.53	Следы	—	0.89	1.47	45.69	«	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Rhymatolithon compactum</i>	—	—	4.02	38.19	0.52	0.10	—	0.23	0.10	55.42	«	Те же
<i>Goniolithon ascretum</i>	—	—	8.27	40.60	0.62	0.18	—	0.04	0.06	49.56	«	«
<i>Goniolithon strictum</i>	—	—	10.39	38.54	0.60 ¹	Следы	—	0.01	0.02	49.91	«	«
<i>Goniolithon strictum</i>	—	—	10.93	38.03	0.61 ¹	—	—	0.05	—	49.91	«	«
<i>Goniolithon strictum</i> молодой	—	—	9.64	37.64	0.63	0.00	—	0.32	0.02	51.14	«	Kamm (см. Clarke, Wheeler, 1922)
старый	—	—	10.26	38.25	0.67	0.00	—	0.57	0.08	48.76	«	Тот же
<i>Goniolithon frutescens</i>	—	—	6.29	46.16	0.00	Следы	—	0.07	—	46.7	«	Chambers, (см. Vaughan, 1918)
<i>G. frutescens</i>	1.57	0.38	7.28	41.76	0.91 ¹	0.46	—	—	0.22	48.85	«	Lipman, Shelley, 1924
<i>G. orthoblastum</i>	—	—	5.71	42.39	0.00	Следы	—	0.11	—	50.97	«	Chambers (см. Vaughan, 1918)
<i>Amphiroa tribulus</i>	0.89	0.39	8.83	39.74	1.05	0.27	0.53	—	—	45.73	«	Damour, 1851
<i>A. fragilissima</i>	—	—	6.71	34.82	0.56	Следы	—	1.31	2.82	48.78	«	Clarke, Wheeler, 1922
<i>A. foliacea</i>	—	—	7.53	39.02	1.08 ¹	0.35	—	0.64 ²	0.32	50.87	«	Lipman, Shelley, 1924
<i>Melobesia</i> sp.	1.75	0.65	6.41	32.76	1.25	0.38	0.34	0.20	—	49.88	«	Damour, 1851

¹ SO₄

² Fe₂O₃ без Al₂O₃.

Таблица 30
Содержание $MgCO_3$ и $CaCO_3$ в *Corallinaceae* из разных мест (в % золы)

Водоросли	$MgCO_3$	$CaCO_3$	Широта ¹	Долгота	Место сбора	Авторы
<i>Lithothamnium</i> sp.	8.67	84.83	78° с. ш.	20° в. д.	Шпицберген	Høgbom ² , 1894
<i>L. soriferum</i>	9.56	80.90	75 "	-	Сев. Ледовитый океан	Тот же
<i>L. glaciale</i>	13.19	83.10	75 "	-	То же	"
<i>L. sp.</i>	9.94	74.26	72 "	-	О-в Беринга	"
<i>L. fornicatum</i>	10.09	88.61			Берег Норвегии	Charf (см. Lemoine, 1910)
<i>L. polymorphum</i>	9.10	74.22	57 "	12 "	Пролив Каттегат	Høgbom, 1894
<i>L. polymorphum</i>	15.15	83.4	57 "	12 "	То же	Vesterberg, 1900, 1901
<i>Corallina officinalis</i>	12.06	86.68	49°33' "	1° 12' з. д.	Сен-Уэст, Нормандия	Rayen, 1843
<i>Lithothamnium calcareum</i>	12.04	84.60	48°5' "	4 "	О-ва Гленан, Финнистер, Франция	Charf (см. Lemoine, 1910)
	12.4	85.1	48°5' "	-	Ла-Манш	Тот же
	12.52	87.48	48 "	-	Роскоф, Финнистер	Chalon, 1900
<i>Lithophyllum incrustans</i>	11.14	87.10	48 "	3 "	Ла-Манш, Гаттевиль	Charf (см. Lemoine, 1910)
<i>L. calcareum</i>	12.70	87.30	48 "	3 "	Конкарно, Франция	Vincent, 1924
<i>L. crassum</i>	5.30	94.70	-	3 "	?	Тот же
<i>L. glaciale</i>	10.93	88.11	48 "	53 "	Ньюфаундленд, Тонсейл	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Phymatolithon compactum</i>	10.93	87.21	48 "	55 "	Ньюфаундленд, Торбей	Те же
<i>Lithophyllum tortuosum</i>	9.83	77.58	44 "	9° в. д.	Генуя, Италия	Charf (см. Lemoine, 1910)
<i>L. expansum</i>	13.11	75.99	44 "	7 "	Вильфранш	Nováček, 1930
<i>L. tortuosum (crisatum)</i>	14.12	73.91	43 "	3 "	Баньюльс-сюр-Мер, Франция	Тот же
<i>L. polymorphum</i>	13.76	74.15	43 "	3 "	То же	"
<i>Corallina officinalis</i>	11.13	72.12	43 "	3 "	"	"
<i>C. officinalis</i>	10.09	68.36	-	-	"	"
<i>Lithophyllum incrustans</i>	15.90	84.10	43 "	3 "	"	"
<i>L. ramulosum</i>	9.46	63.00	41 "	14 "	Неаполь, Италия	Høgbom, 1894
<i>L. racemosum</i>	11.33	77.39	41 "	14 "	То же	Тот же
<i>L. ramulosum</i>	6.81	86.90	41 "	14 "	"	Schwager (см. Walther, 1885)
<i>L. sp.</i>	4.19	90.30	41 "	14 "	"	Тот же

Таблица 30 (продолжение)

Водоросли	MgCO ₃	CaCO ₃	Широта'	Долгота	Место сбора	Авторы
<i>L. tortuosum</i>	12.35	87.65	41 "	14 "	"	Chalon, 1911
<i>L. (calcareum)</i>	12.76	86.36	40 "	"	Средиземное море	Damour, 1851
<i>Lithophyllum proboscideum</i>	8.15	72.0	37 "	122° з. д.	Монтерей, Калифорния, США	Lipman, Shelley, 1924
<i>Melobesia</i> sp.	14.44	84.36	36 "	3° в. д.	Берег Алжира	Damour, 1851
<i>Lithophyllum Incrustans</i>	10.73	85.08	33 "	7° з. д.	Мазган, Марокко	Charf (см. Lemoine, 1910)
<i>Lithothamnium</i> sp.	12.37	82.44	32° с. ш.	65 "	Бермудские острова	Högbom, 1894
<i>L. racemosus</i>	5.35	-	25 "	75 "	Багамские острова	Nichola, 1906
<i>Goniolithon strictum</i>	24.00	74.85	25 с. ш.	75 з. д.	Багамские острова	Clarke, Wheeler, 1922
молодой	22.98	75.42	25 "	75 "	"	Kamm, 1922 (см. Clarke, Wheeler, 1922)
старый	23.74	74.29	25 "	75 "	"	Тот же
	25.17	73.63	24 "	81 "	Солджер-Ки, Флорида, США	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Lithophyllum rachydermum</i>	24.95	73.65	25 "	75 "	Багамские острова	Kamm, 1922 (см. Clarke, Wheeler, 1922)
молодой						
старый	15.43	83.06	25 "	75 "	То же	Тот же
	15.08	83.68	25 "	75 "	"	Clarke, Wheeler, 1922
<i>L. pallescens</i>	15.46	81.48	24 "	110 "	Залив Ла-Пас, Калифорния, США	Те же
<i>Goniolithon strictum</i>	25.17	73.63	24 "	81 "	Солджер-Ки, Флорида, США	"
<i>Lithothamnium</i> sp.	25.32	73.23	23 "	80 "	Южная Флорида, США	Phillips (см. Clarke, Wheeler, 1922)
<i>Amphiroa tribulus</i>	19.29	79.81	20 "	"	Ангильские острова	Damour, 1851
<i>Lithothamnium</i> sp.	9.39	84.01	20 "	161 "	Гонолулу, Гавайские острова	Högbom, 1894
<i>Goniolithon acrectum</i>	19.24	79.05	18 "	68 "	Пуэрто-Рико, о-в Кулебра	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Lithophyllum daedaleum</i>	19.03	79.85	18 "	68 "	Пуэрто-Рико, залив Салинас	Те же
<i>L. antillarum</i>	16.35	82.46	18 "	68 "	Пуэрто-Рико, о-в Кулебра	"
<i>L. intermedium</i>	16.59	82.85	18 "	72 "	Кингстон, о-в Ямайка	"
<i>L. pallescens</i>	15.46	81.48	24 "	110 "	Залив Ла-Пас, Калифорния, США	"
<i>Amphiroa fragilissima</i>	17.47	76.23	18 "	68 "	Коста-Рика, бухта Лимон	"
<i>Lithophyllum craspedium</i>	16.82	72.77	18 "	150 "	О-в Таити	Charf (см. Lemoine, 1910)
<i>Lithothamnium kaiseri</i>	16.15	72.80	15 ю. ш.	172 "	О-в Тутуили (Самоа)	Lipman, Shelley, 1924
<i>Goniolithon frutescens</i>	15.29	74.57	15 "	172 "	"	Те же

Таблица 30 (окончание)

Водоросли	MgCO ₃	CaCO ₃	Широта ¹	Долгота	Место сбора	Авторы
<i>Lithophyllum kaiseri</i>	16.46	71.93	15 "	172 "	"	"
<i>Amphiroa foliacea</i>	15.80	69.64	15 "	172 "	"	"
<i>Lithothamnium</i> sp.	36.26	—	13 "	175 "	О-ва Самоа	Phillips (см. Clarke, Wheeler, 1922)
<i>L. sp.</i>	19.47	74.4	13 "	175 "	"	Тот же
<i>Goniolithon frutescens</i>	13.80	86.13	12°5' "	96°5' в. д.	Кокосовые острова (Килинг)	Chambers (см. Vaughan, 1918)
<i>Lithophyllum kaiseri</i>	15.33	84.38	12°5' "	96°5' в. д.	То же	Тот же
<i>Goniolithon orthoblastum</i>	13.66	86.22	10 "	145 "	О-в Муррей, Австралия	"
<i>Lithothamnium erubescens</i>	16.96	81.59	10 "	123 "	О-в Тимор Индонезийский архипелаг	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Archaeolithothamnium erisporum</i>	13.09	83.47	10 ю. ш.	80 з. д.	Панамский перешеек	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Lithothamnium philippii</i> var. <i>funcutiensis</i>	5.85	—	8 "	178 в. д.	Фунафути	Skeats (см. Royal Society of London, 1904)
<i>Lithophyllum oncodes</i>	18.17	80.93	7 "	56 "	Мадагаскар	Clarke, Wheeler, 1922
<i>L. craspedium</i>	19.60	72.92	5°5' с. ш.	172 з. д.	Атолл Пальмира, Тихий океан	Те же
<i>L. tarmiense</i>	20.02	78.43	5 ю. ш.	145 в. д.	Новая Гвинея	"
<i>Lithothamnium</i> sp.	3.76	72.03	5 "	—	Яванское море	Högbom, 1894
	6.53	83.60	0 "	90 з. д.	О-ва Галапагос	То же
	12.17	83.75	0 "	90 "	"	Vesterberg, 1900, 1901
<i>L. nodosum</i>	6.06	91.04	—	—	—	Gümbel, 1871

¹ Там, где приводилось лишь географическое название места, нами примерно вычислена широта и долгота.

² Анализы Mauzelius, Sahlbom и Guinchard.

Представляется интересным выяснить отношение Mg/Ca в связи с их формой – от более компактной (*Lithothamnium*) к более тонкой (например, у некоторых *Lithophyllum*). Имея в виду все исключения из правила, когда виды из теплого моря имеют небольшие количества MgCO₃, а из холодных вод содержат много Mg, все же можно сказать, что подавляющее число видов следует правилу, указывающему на зависимость содержания MgCO₃ от температуры. Достаточно сказать, что из холодных морей никогда не было получено видов с MgCO₃ выше, чем 13.9%, тогда как из теплых морей его содержание достигало 36.0%. Большинство видов с низким содержанием MgCO₃ относятся к холодным и умеренным областям. Не должны быть забыты глубины, с которых собраны образцы (температура!). Интересно отметить, что для средиземноморских видов всеми авторами указывается невысокое содержание MgCO₃ – от 4.19 до 14.12%. Возможно, помимо высокой температуры, способствующей накоплению Mg в *Corallinaceae*, здесь имеют значение и еще какие-то другие условия, ближе невыясненные! *Corallina officinalis*, *C. rubrum*, *C. mediterranea* содержат Mg в среднем меньше, чем другие роды *Corallinaceae*, и во всяком случае меньше, чем, например, *Amphiroa* – виды того же подсемейства. Виды *Goniolithon* содержат максимум Mg. Это следует из анализов Рауен (1843); Nováček (1930); Clarke, Wheeler (1922). Как мы уже говорили, CaCO₃ во всех *Corallinaceae* находится в форме кальцита. Нахождение MgCO₃ в относительно больших количествах объясняется изоморфной подмесью⁴⁷.

Таблица 31
 Содержание CaCO₃ и MgCO₃ в *Corallinaceae* разного возраста

Водоросли	MgCO ₃	CaCO ₃	CaSO ₄
<i>Lithophyllum pachydermum</i>			
молодые части	24.95	73.65	1.24
старые части	15.43	83.06	1.27
<i>Goniolithon strictum</i>			
молодые части	22.98	75.42	1.22
старые части	23.74	74.29	1.25

Таблица 32
 Состав водорослей; современные данные (в % золы)

Водоросли	Зола	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	SO ₃	P ₂ O ₅	Cl	Место сбора	Автор
<i>Ulva</i> sp. ¹	28.55	–	–	21.51	4.86	19.92	0.20	–	Япония	Jamamura, 1934
<i>Stigeoclonium</i> sp.	3.78	–	–	–	–	–	–	–	"	Тот же
<i>Iridaea laminarioides</i>	16.08	4.41	17.57	–	3.42	18.22	4.54	9.57	"	Ellogood, 1939
<i>Laminaria saccharina</i> ²	31.55	20.1	25.01	4.60	6.91	0.483	2.07 ³	31.16	Белое море	Ведринский, 1938а
<i>Laminaria digitata</i> ⁴	27.72	16.0	24.51	5.58	11.78	11.08	1.88	2.93	То же	Тот же

¹ Fe₂O₃ = 0.73.

² SiO₂ = 4.22 (нерастворимый остаток в золе).

³ Фосфорная и серная кислоты.

⁴ SiO₂ = 4.08 (нерастворимый остаток в золе).

⁴⁷ См. по этому поводу главу XXII.

Таблица 33
Состав известковистых водорослей с о-ва Раб
(Далмация, Адриатическое море) (в % сухого вещества)

Водоросли	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Остаток и CO ₂
<i>Melobesia</i> sp.	4.05	1.02	49.13	3.0	0.02	0.50	1.62	0.40	1.95	0.8	1.80 ± 36.12
<i>Lithophyllum</i> sp.	5.45	1.69	42.03	2.28	0.02	1.62	1.62	0.67	3.90	0.98	4.76 ± 35.69
<i>Padina pavonia</i> *	4.00	0.85	34.66	3.50	0.82	0.82	0.62	1.10	2.91	0.9	9.32 ± 32.0

*Mn₃O₄ = 7.45.

Babička (1936) анализировал известковистые водоросли с о-ва Раб в Далмации (Адриатическое море) (см. табл. 33). В золе водорослей карбонаты Ca и Mg распределились следующим образом:

Rhodophyceae и Phaeophyceae	CaCO ₃ , %	MgCO ₃ , %
<i>Melobesia</i> sp.	83.14	5.28
<i>Lithophyllum</i> sp.	72.87	5.02
<i>Padina pavonia</i>	61.90	7.80

Naas, Hill, Karstens (1935), изучая метаболизм Ca и Mg в известковистых водорослях, таких как *Corallina squamata*, обнаружили следующие сезонные изменения в содержании этих элементов: минимум Ca и Mg с марта по май с максимумом для Ca в январе и июне и для Mg в ноябре.

	CaCO ₃ , %	MgCO ₃ , %		CaCO ₃ , %	MgCO ₃ , %
Январь	72.42	9.65	Август	71.29	9.79
Март	70.40	9.26	Сентябрь	71.37	10.34
Май	71.05	8.67	Октябрь	72.46	10.19
Июнь	72.34	9.34			

Högbom (1894) и Vesterberg (1900–1901) подвергли растворению в слабой уксусной кислоте и воде, насыщенной CO₂, скелеты *Lithothamnium polymorphum* и *Lithothamnium* sp., имея в виду выяснить минералогический характер карбонатов Ca и Mg (кальцит, доломит или другая разновидность). Оказалось, что растворимость их скелетов CaCO₃ ÷ MgCO₃ сравнительно с образцами магнезита и доломита огромна (тогда как доломит растворяется в следах, а магнезит – до 8%). Vesterberg (1900–1901) считал, что здесь имеется иная форма MgCO₃, легко растворимая (но не магнезит и не доломит).

Многочисленные наблюдения Linck (1930), Meigen (1901), Sorby (1861) и др. показали, что Corallinaceae во всяком случае имеют в своем скелете кальцит. Vaas-Becking и Wayne Galliher (1931) на основании рентгеноскопического анализа *Corallina officinalis* и *Amphiroa dorbignium* заключили, что: 1) минеральная часть этих водорослей состоит из кристаллов кальцита и их С-оси ориентированы перпендикулярно к осям волокон органической ткани⁴⁸. Они считают отложение MgCO₃ явлением вторичным; 2) органическая часть Corallinaceae состоит не из клетчатки, а, вероятно, из пектиновых веществ. Мы должны заметить, что по количеству MgCO₃, находя-

⁴⁸ См. Grüss (1919) о расположении у Corallinaceae тканевых элементов.

щегося в скелетах *Corallinaceae*, они не сравнимы ни с какими другими организмами – ни с животными, ни с растениями (табл. 34).

Таким образом, *Corallinaceae* – это типичные известково-магнезиальные организмы, содержащие кальцит с максимальным известным для организмов содержанием $MgCO_3$. Этим их скелет отличается от кальцитовых инкрустаций, например, *Characeae* и других водорослей, участвующих в образовании известняков⁴⁹ (см. более подробно об этом ниже). Несомненно, в составе среди видов *Corallinaceae* намечается, как мы видели, дифференциация скелета (связанная с условиями жизни и одновременно типичная для вида), но нет достаточного числа исследований, из которых можно было бы сделать более решительный вывод. Род *Goniolithon* наиболее богат $MgCO_3$.

Таблица 34
Содержание $MgCO_3$ в различных родах *Corallinaceae* (в % золы)

Водоросли	Число анализов	Minimum $MgCO_3$	Maximum $MgCO_3$	Среднее $MgCO_3$
<i>Lithothamnium</i>	29	3.76	36.36	12.30
<i>Lithophyllum</i>	24	5.30	24.95	14.81
<i>Melobesia</i>	1	–	–	14.44
<i>Archaeolithothamnium</i>	1	–	–	13.09
<i>Porolithon</i>	2	13.75	16.80	15.28
<i>Goniolithon</i>	8	13.66	29.98	20.61
<i>Amphiroa</i>	3	15.80	19.29	17.52
<i>Corallina</i>	3	11.13	12.06	11.09

Содержание щелочей, P, S и Cl составляет небольшую часть золы *Corallinaceae*. Порядок содержания P и S у всех *Corallinaceae* один и тот же, напоминая их содержание в известковых скелетах морских животных (например, *Echinodermata*). S часто показывают в качестве $CaSO_4$, но действительно ли в скелетах *Corallinaceae* присутствует $CaSO_4$ – не доказано. При сжигании часть серы органических соединений (главным образом белков) теряется, другая образует SO_3 , вступающий в реакцию обмена с $CaSO_3$ – скелетных частей. Lipman и Shelle (1924) нашли до 8.38% SiO_2 в *Lithophyllum proboscideum*. Требуется исключить присутствие в образце данного вида кремневых организмов (диатомовых, губок, а также и песка), которые всегда находятся в порых этих водорослей, прежде чем считать это особенностью вида⁵⁰.

⁴⁹ Напомним, что *Coccolithophoridae*, *Codiaceae*, *Dasycladaceae*, *Characeae* и другие водоросли, концентрирующие $CaCO_3$, содержат мало Mg или даже в следах.

⁵⁰ Prát и Namáckova (1946) проанализировали ряд известковых водорослей, главным образом из Сплита. Ниже суммированы их наиболее интересные данные.

По-видимому, трубка *Serpula* содержит около 25% органики. Анализы в основном находятся в соответствии с приведенными выше данными, но один образец *Corallina rubens* из Килия содержал 12.33% P_2O_5 во фракции, растворимой в HCl. Образцы из Баньюльс-сюр-Мер обычно, но не всегда содержат больше Mg, чем те же образцы из Адриатического моря, которые имеют значительно меньше Mg, как это было указано выше для материала из Средиземноморья. Prát и Namáckova отмечают, что пресноводные осадки *Vaucheria* – почти чисто кальцитовые, в то время как в тех же водах *Hypnum* содержит около 1 части Mg на 80 частей Ca. При фоссилизации в обоих случаях количество Mg возрастает. Проблемой как раз является вопрос, почему чаще происходит вынос Mg, чем его концентрация организмами.

Водоросли (место отбора)	H ₂ O	Зола	Нераств. SiO ₂ и т. д.	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	CO ₃ ²⁻	Fe ³⁺
<i>Lithothamnium</i>									
<i>crassum</i> (Сплит, Адриатическое море)									
среднее	0.85	54.43	0.69	33.72	3.46	0.815	0.03	57.98	0.156
минимум	0.43	53.51	0.20	33.15	2.99	0.36	0.03	54.60	0.04
максимум	1.24	56.20	1.87	34.52	3.88	1.10	0.03	59.50	0.40
<i>Lithothamnium</i> <i>cristatum</i> (Бисево)	0.56	52.42	0.24	33.72	2.84	0.70	0.02	51.65	0.02
<i>Lithothamnium</i>									
<i>polymorphum</i> (Баньюльс-сюр-Мер)									
	–	–	–	29.7	3.95	–	–	–	–
<i>Lithophyllum cristatum</i> (Баньюльс-сюр-Мер)									
	–	–	–	29.8	3.85	–	–	–	–
<i>Lithophyllum expansum</i> (Вильфранш-сюр-Мер)									
	–	–	–	30.4	3.76	–	–	–	–
<i>Lithophyllum lenormandi</i> (О-в Раб, Адриатическое море)									
	–	–	2.05	30.16	1.42	–	–	–	0.35
<i>Corallina officinalis</i> (Сплит, Бисево)									
среднее	–	48.4	0.7	28.3	3.25	1.0	–	43.0	0.07
<i>Corallina officinalis</i> (Баньюльс-сюр-Мер)									
	–	–	–	28.9	3.19	1.0	–	42.9	–
<i>Corallina rubens</i> (Сплит, Адриатическое море)									
	–	44.8	3.25	22.7	2.4	2.6	–	37.8	–
<i>Corallina rubens</i> (Баньюльс-сюр-Мер)									
	–	–	–	27.4	2.89	2.62	–	37.9	–
<i>Halimeda tuna</i> (Сплит, Адриатическое море)									
	–	40.9	2.6	23.9	0.9	1.8	Сле- ды	36.3	0.4
<i>Amphiroa rigita</i> (Сплит, Адриатическое море)									
	–	50.3	1.5	29.5	3.1	1.1	"	49.2	0.5
<i>Peyssonelia rubra</i> (Сплит, Адриатическое море)									
	–	37.0	6.2	10.9	1.4	10.1	"	18.9	1.0
<i>Serpula</i> sp. (Сплит, Адриатическое море)									
	–	–	16.81	21.10	1.08	1.12	"	27.9	0.26

12. Chlorophyceae. Содержание Na, K, Mg, Ca, P, S и Cl

К особенностям распределения Chlorophyceae следует отнести, во-первых, преимущественное распространение их в теплых и тропических морях, определенным образом отражающееся на составе водорослей, и, во-вторых, широкое распространение Chlorophyceae не только в морях, но и в полусоленых и пресных водах, тогда как Phaeophyceae и Rhodophyceae – это почти исключительно морские водоросли. Несомненно, оба эти обстоятельства в известной мере определяют и химический характер отдельных видов

Chlorophyceae. Большинство Chlorophyceae склонны к концентрации Ca, а некоторые участвуют в образовании травертинов. На стенках этих организмов обнаружены отложения аморфного CaCO_3 , так же как и кристаллогидраты. Особенно ярко выражена Ca-функция у морских Chlorophyceae теплых морей.

С другой стороны, мы встречаемся с известным разнообразием в химическом составе видов и форм Chlorophyceae в связи с тем, что они живут в водах с разной степенью солености, подобно, например, *Enteromorpha*, *Cladophora*, *Vaucheria* и др. Напомним еще о видах, живущих в условиях сильно соленых озер.

Качественные анализы Chlorophyceae имеются у John (1814, *Conferva*); Kützing (1843, *Ulva*); Kobza, Prát (1929); затем у Forchhammer (1844) и др. Количественные анализы Chlorophyceae представлены в таблице 35. Там же приведены для сравнения⁵¹ анализы пресноводной *Cladophora*. Той стойкости, в известной мере, наблюдаемой в составе Phaeophyceae и Rhodophyceae, в приведенных данных нет. Отчасти это может быть объяснено тем, что Chlorophyceae, как указано, были взяты из вод различной солености. Сравним, например, содержание в них Cl^- , SO_4^{2-} и т. д.

По содержанию Ca легко выделить две группы Chlorophyceae подобно первой и второй группам Rhodophyceae: первая – с обычным для большинства водорослей содержанием Ca, другая – богатая Ca (табл. 35, 36).

Эта аналогия может быть продолжена и дальше, поскольку вторая группа, касаясь исключительно морских Chlorophyceae, как и Rhodophyceae (например, *Galaxaura*), содержит CaCO_3 в виде арагонита.

К Chlorophyceae с малым содержанием Ca (1-я группа), вероятно, принадлежат прежде всего те из них (главным образом пресноводные), которые, как показали Венеcke (1898), Molisch (1926), при развитии не нуждаются в кальците⁵², например *Ulothrix* и др. У некоторых морских Chlorophyceae содержание Ca ничтожно мало, например, в соке *Valonia utricularis* Meyer (1891) нашел его в следах. Osterhout (1922) и др. в ряде анализов находили Ca в соке некоторых Chlorophyceae меньше, чем в морской воде (табл. 37). Как известно, среди Rhodophyceae и Phaeophyceae нет видов, которые не содержали бы заметных количеств Ca.

В некоторой степени обогащение Ca находят у видов *Cladophora*, *Vaucheria*, *Chaetophora*, иногда *Ulva* и др. Пресноводная *Phacotus* (*Ph. lenticularis*) всегда имеет постоянную известковую капсулу и принимает участие в образовании известняков⁵³. Ряд других Chlorophyceae концентрирует и отлагает Ca при исключительных условиях (*Enteromorpha*, *Monostroma*, *Ulva* и др.). Все эти водоросли (за исключением *Phacotus*) – условные концентраты Ca – мы относим к 1-й группе. Обычное содержание в них Ca не превышает содержания Ca в водорослях других классов, не являющихся концентраторами Ca.

⁵¹ См. Mann (1891). Кроме того, о составе одноклеточных Chlorophyceae (для которых прямые анализы отсутствуют) дает некоторое представление состав чрезвычайно важных отложений их тел (сапропели и т. п.) – балхашит (озеро Балхаш) – из *Botryococcus braunii*; *Elaeophyton coorongianum* (Thyssen) часто образует подобные же отложения. Затем австралийские керосиновые сланцы из *Reinschia australia*, различные виды *Pila*, образующие палеозойские богхеды, и др.

⁵² Существует обширная, но противоречивая литература по этому поводу. См. другие определения у Meyer (1891); Hansen (1893); Wodehouse (1917); Crozier (1918); Osterhaut, Dorcas (1925); Höber, Höber (1928); Brooks (1930); Collander (1930); Hollenberg (1932) и др. для *Valonia*, *Halicystis*, *Nitella*, *Chara*.

⁵³ Указывалось на отложение SO_2 в капсуле *Pteromonas* (из Phacotaceae), но химических данных нет.

Таблица 35
Химический состав золы *Chlorophyceae* (в % золы)

Водоросли	% золы в сухом веществе	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	SO ₃	P ₂ O ₅	Cl	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Место сбора	Автор
<i>Ulva lactuca</i>	(17.61)	5.94	5.50	7.08	34.94	38.94	1.74	0.46	2.49	2.38	Берег Алжира	Muller, 1894
<i>U. latissima</i>	–	17.53	4.20	1.31	4.61	10.55	1.61	18.90	17.54	23.68	Лагуны Венеции	Sestini, Bomboletti, Benzoni, Torre, 1877
<i>U. enteromorpha</i>	(22.63)	7.72	8.94	9.73	25.65	34.29	1.61	3.20	3.89	5.03	Берег Алжира	Muller, 1894
<i>Enteromorpha compressa</i>	47.80	22.17	10.34	3.24	19.22	22.99	3.65	16.27	0.90	5.11	Балтийское море, устье Варнова	Vibrans, 1873
<i>E. intestinalis laucheria dichotoma, f.</i>	27.05	20.85	7.14	3.34	16.59	27.87	2.18	14.19	0.78	10.25	То же	То же
<i>Marina</i>	–	14.64	4.88	1.83	5.69	8.49	4.82	16.36	14.34	25.39	Лагуны Венеции	Sestini, Bomboletti, Benzoni, Torre, 1877
<i>Yalonia utricularis (aegagropila)</i>	18.54	0.82	1.57	1.78	33.36	19.22	–	–	4.25*	19.54	Соленое озеро, Малый Тамбукан	Будрик, 1927
<i>Solenia attenuata</i>	–	14.99	3.21	3.98	7.86	0.23	4.51	12.22	15.45	26.61	Лагуны Венеции	Sestini, 1877
<i>Clodophora glomerata</i>	–	21.28	5.99	1.54	4.92	10.29	3.94	20.52	12.43	19.53	То же	То же
	17.08	6.38	0.35	1.84	59.18	13.33	4.14	1.05	0.53	10.60	–	Petter, 1862
	(26.53)	–	–	6.11	12.25	2.00	1.21	0.53	1.85	26.69	Озеро Мендота	Schuette, Hoffman, 1921
				То же, в % сухого вещества								
<i>Ulva lactuca</i>		4.21	4.99	3.77	2.42	10.36	0.35				Ла-Манш	Vincent, 1924
<i>Enteromorpha compressa</i>		9.67	4.34	0.78	1.95	4.97	0.18				То же	То же

Ко 2-й группе концентраторов Ca относятся тепловодные формы *Chlorophyceae*, принадлежащие главным образом к двум семействам (из *Siphonales*)⁵⁴, а именно: *Codiaceae* с родами *Halimeda*, *Udotea*, отчасти *Gymnocodium*, *Baulina*, *Penicillus* и некоторые другие и *Dasycladaceae*, имевшие в прошлом значительное число видов, а ныне представленные немногочисленными родами *Dasycladus*, *Acetabularia*, *Cymopolia*, *Neomeris*, *Bornetella* и некоторыми другими, концентрирующими CaCO_3 . Безусловно, типичной здесь является *Halimeda opuntia*, содержащая в золе до 99% CaCO_3 и небольшое количество MgCO_3 . В анализах Skeats (см. Royal Society of London, 1904) MgCO_3 оказалось несколько больше, что объясняется тем, что форма, начавшая уже, вероятно, минерализоваться, была подобрана со дна. Из других видов *Codiaceae* Högbom (1804) нашел в *Penicillus* sp. (? *capitatus*) 5.2% CaCO_3 в сухом веществе при следах Mg, а в *Halimeda* – 4.6 CaCO_3 и следы Mg (см. табл. 38).

Другим типичным представителем 2-й группы водорослей (из *Dasycladaceae*) являются *Acetabularia*, *Ac. mediterranea* и *Ac. Moebii* (?), для которых нет сколько-нибудь полных анализов, как нет их и для других видов *Chlorophyceae*, концентрирующих Ca и относимых нами по этому признаку ко второй группе. Что касается *Acetabularia*, то первое указание на инкрустацию ее стенок CaCO_3 имеется у Schweigger (1819); Nägeli (1847), а затем у Woronine (1862). Bary, Strasburger (1877); Leitgeb (1887); Cohn (1892) которые в соляной вытяжке, полученной из *Acetabularia*, нашли $\text{Ca}(\text{COO})_2$, что было подтверждено микроскопическим изучением кристаллов и другими путями. Вытяжка эта содержала, помимо того, CaCO_3 , P_2O_5 , Mg, Fe и Mn. Присутствие оксалатов давно было известно в наземной флоре⁵⁵. Для нас более интересен другой факт – присутствие оксалатов в так называемых сверлящих водорослях, к которым относится и ряд зеленых, например: *Ostreobium queketti*, *Gomontia polyrhiza* и др.⁵⁶

Никаких анализов нет. Как мы видим, Ca во второй группе морских *Chlorophyceae* резко преобладает над Mg (см. табл. 35), последнего обычно не более 1%. Примерно та же картина и для пресноводных форм *Chlorophyceae*, иногда собирающих Ca, например *Cladophora*, *Vaucheria*. Подтверждается их относительная бедность Mg и анализами инкрустаций, например, с *Vaucheria deboryana* Kolkwitz'a (1917) и Kolbe (1926), а также отчасти Будрика (1927) для *Vaucheria dichotoma* f. *marina*. Несколько больше нашел Ludwig (1826) в отложениях *Vaucheria* – 10.49% MgCO_3 . Linck (1930) считает, что так называемые “strahlenkalk” не что иное, как отложения CaCO_3 – *Cladophora* в виде кальцита⁵⁷. В одном таком образце⁵⁸ Köhler нашел в растворимой части 1.1% MgCO_3 , а в другом – 9.3% MgCO_3 .

Следовательно, в пределах нашей 2-й группы *Chlorophyceae*, концентрирующих CaCO_3 , совершенно ясно намечается и дальнейшая дифференциация, а именно все морские водоросли сем. *Codiaceae* и *Dasycladaceae* концентрируют только CaCO_3 , а *Chlorophyceae*, живущие то в море, то в пресной воде, – CaCO_3 с значительным иногда содержанием MgCO_3 . По определению Meigen (1901) и Skeats (см. издания Королевского общества Лондона, 1904), *Halimeda tuna*, *Cymopolia* sp., *Acetabularia mediterranea* содержат арагонит. Но минералогический характер карбонатов Ca и

⁵⁴ Ископаемые *Siphonales* известны с раннего палеозоя.

⁵⁵ См. Gomont об оксалате Ca в *Acetabularia*; см. также Sjöstedt (1921).

⁵⁶ См. по этому поводу у Г.А. Надсона (1900).

⁵⁷ Об осаждении MgCO_3 с кальцитом без участия организмов см. далее.

⁵⁸ Klähn (1926), недавно разбирая вопрос о доломитообразовании в пресных бассейнах, приводит состав травертинов, образованных растениями с еще меньшим содержанием MgCO_3 .

Mg пресноводных форм недостаточно известен. Указывалось, например, находже-
ние кристаллов $\text{CaCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в *Conferva*, по Raumelsberg.

Таблица 36
Химический состав богатых Ca Chlorophyceae (в % сухого вещества)

Водоросли	MgO	CaO	SO ₃	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CO ₂ и орган. вещ.	Место сбора	Автор
<i>Halimeda simulans</i>	0.19	50.20	0.23	Следы	0.18	0.44	48.38	Пуэрто-Рико	Clarke, Wheeler, 1922
<i>H. tridens</i>	0.44	45.32	0.49	"	0.58	0.88	51.94	"	Те же
<i>H. monile</i>	0.45	48.21	0.02	"	1.10	1.90	47.56	"	"
<i>H. opuntia</i>	0.01	50.32	0.07	"	0.20	0.37	48.20	Флорида, США	"
<i>H. opuntia*</i>	0.29	48.47	0.33	?	—	—	46.49	Красное море	Damour, 1851

* Na₂O = 1.13; K₂O = 0.54; Cl = 0.84.

Таблица 37
Состав клеточного сока Chlorophyceae (в %; Cl принят за 100)

Вид	Cl	Na	K	Ca	Mg	SO ₄ ²⁻	Место сбора	Автор
<i>Valonia macrophysa</i>	100	15.08	86.24	0.285	Следы	Следы	Бермудские острова	Osterhout, 1922
	100	18.55	82.33	0.02	0.08	0.04	Тортуга, Флорида, США	Blinks, 1930
<i>V. ventricosa</i>	100	5.73	94.74	Следы	Следы	Следы	То же	Cooper, Blinks, 1928
<i>Halicystis ovalis</i>	100	92.4	1.01	1.33	2.77	"	Бермудские острова	Blinks, Jacques, 1929

Таблица 38
**Содержание CaCO₃ и MgCO₃ в Chlorophyceae (Halimeda)
(в % зольного остатка)**

Водоросли	MgCO ₃	CaCO ₃	Места сбора	Автор
<i>Halimeda opuntia</i>	0.64	98.73	Красное море	Damour, 1851
	0.02	99.21	24° с. ш., 82° з. д. Флорида	Clarke, Wheeler, 1922
	0.60	86.50*	8° ю. ш., 178° в. д. Атолл Фу- нафути, о-в Эллис	Skeats, 1904 (см. Лондонское королевское общество)
	5.50	90.16*	О-в Мартиника	Rayen, 1843
<i>H. simulans</i>	0.44	98.45	18° с. ш., 66° з. д.	Clarke, Wheeler, 1922
<i>H. tridens</i>	1.09	96.21	18° с. ш., 66° з. д. Пуэрто-Рико	Те же
<i>H. monile</i>	1.04	95.58	18° с. ш., 66° з. д. Пуэрто-Рико	"
<i>H. sp.</i>	1.39	98.20	8° ю. ш., 178° в. д. Атолл Фунафути, о-в Эллис	Cullis, 1904 (см. Лондонское королевское общество)

* На сухое вещество?

Но, с другой стороны, например, отложения, связанные с жизнедеятельностью *Cladophora*, *Vaucheria*, состоят из кальцита. Интересно, что Characeae также дают осадки кальцита. Все это наводит на мысль, не имеем ли мы среди Ca-Chlorophyceae помимо арагонитовых форм (обычно бедных Mg) еще и кальцитовые, одновременно строго приуроченные – одни, арагонитовые, к морю, другие – главным образом к пресным и солоноватым водам?

Говоря о Ca в Chlorophyceae, мы должны напомнить об интересной группе пресноводных водорослей Desmidiaceae, в которых впервые Вагу (1858) (в видах *Closterium*), а затем Фишер (1883) нашли кристаллы гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). При чем оказалось, что кристаллы гипса постоянно встречаются лишь в определенных родах⁵⁹, а в некоторых других вовсе не находились. См. указания Donat (1926) о видах Desmidiaceae, живущих в Ca-богатых водах. По Будрику (1927), *Vaucheria dichotoma f. marina* из Тамбуканского озера была инкрустирована гипсом и принимала участие в извлечении его из соленого озера.

Этим исчерпываются наши знания о содержании Ca и Mg в разных Chlorophyceae. Возвращаясь несколько назад, мы видим, что в Phaeophyceae лишь в отдельных случаях, а среди Rhodophyceae и Chlorophyceae имеется много видов-концентраторов Ca. Водоросли, отнесенные нами к 1-м группам (по содержанию Ca), редко и при особых условиях накапливают Ca.

Иное для водорослей 2-й группы, так как это типичные известковые организмы, строение которых связано с отложением CaCO_3 в виде арагонита и, может быть, в случае с некоторыми Chlorophyceae – кальцита (см. Chlorophyceae дальше)⁶⁰. Отдельно стоят Corallinaceae, концентрирующие CaCO_3 – кальцит, содержащие большие количества MgCO_3 . Далее в *Acetabularia* и, вероятно, в ряде других водорослей находится $\text{Ca}(\text{COO})_2$. См. Kohl (1889) и др. Наконец, известно нахождение кристаллов $\text{CaSO}_4 < 2\text{H}_2\text{O}$ – гипса, и вряд ли этим разнообразием исчерпываются все формы нахождения кальциевых отложений и т. п. в водорослях. Известны находки промежуточных форм состояния Ca в Chlorophyceae – кристаллов водных карбонатов Ca, аморфного CaCO_3 и т. п. В главе XXIII мы рассмотрим обмен Ca в море и участие в нем водорослей.

Содержание других химических элементов в Chlorophyceae, в частности щелочей, значительно меньше, чем в водорослях других классов. Мы уже обращали внимание на невысокое относительно содержание золы в Chlorophyceae (у видов 1-й группы); см. анализы Mitscherlich (1848), Forchhammer (1844), Bertrand и др. Еще меньше щелочей и других химических элементов в водах Chlorophyceae, концентрирующих Ca.

Содержание K, как правило, выше Na (см. табл. 35). Genaud, Genevois (1930) и Camlong, Genevois (1930) изучали равновесие ионов для *Enteromorpha intestinalis*, *Ent. compressa*, *Ulva lactuca* и находили всегда преобладание K над Na. Bertrand, Perietzeanu (1927) в *Ulva lactuca* нашли 0.0665% K в живом веществе. Weevers (1911) ранее указывал на значительное количество K в спорах *Bryopsis* и в других водорослях и их частях. Поэтому высокие числа Na в ранних анализах, например Vibrans (1873), следует отнести отчасти за счет методов определения.

Содержание Cl^- и SO_4^{2-} в Chlorophyceae связано с тем, откуда данный вид был получен, но систематических определений в этом направлении неизвестно. О фосфоре в Chlorophyceae см. выше⁶¹.

⁵⁹ Различают три группы: 1) постоянно содержат $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 2) случайно, не у всех индивидуумов данного вида; 3) вовсе не содержат $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. См. о CaCO_3 и Fe в Desmidiaceae у West (1927).

⁶⁰ Для пресноводных см, Prát (1929), Jirkovský (1926) – *Vaucheria geminata*, *Pelia calycina* и др., также Kobza, Prát (1929).

⁶¹ См. Vageler (1909), пресноводные.

Так, известно, что одни и те же виды Chlorophyceae, обитая в пресной или соленой воде, образуют соответственные формы, или варианты, различающиеся морфологически. Было бы чрезвычайно важно иметь для них химический состав. Сравнивая изменения организмов, связанные переходом их из моря в пресную воду или обратно, легко было бы заметить общие тенденции в изменениях морфологических признаков и химического состава, и их взаимоотношения. В этом смысле Chlorophyceae представляет большой интерес.

13. Иод в водорослях

Как мы теперь хорошо знаем, иод встречается в природе всюду в состоянии рассеяния [см. Sarphati (1834), Chatin (1850b, 1859), Marchand (1865, 1866) и др.; сводки у Fellenberg (1923, 1924), В.И. Вернадского (1923), Scharrer (1928), Gloss (1931), Orr, Leitch (1929) и др.], находясь в морских организмах, обычно в среднем 10⁻⁴%, и лишь губки из *Cornacuspongida* и некоторые из *Alcyonaria* резко выделяются по своему высокому содержанию иода, являясь его концентраторами. К этой группе богатых иодом организмов должны быть отнесены и большинство морских водорослей, для которых содержание иода иногда достигает 10⁻¹% на живой вес. Предварительно познакомимся в самых кратких чертах с распределением иода в биосфере, а затем вернемся к содержанию иода в морских водорослях.

Иод был открыт Courtois в 1812 г. в золе морских водорослей, а именно в щелочах vareca при подкислении их серной кислотой⁶². Для получения щелочей были взяты обычные для берегов Франции *Fucus* и *Laminaria*. Затем нахождение иода стало известно и в других морских водорослях и организмах. В ближайшие же 2–3 года вслед после открытия Courtois иод качественно был найден в водорослях многими: Davy (1814b), Gay-Lussac (1814), John (1814), Ancum (1814), Gaultier de Claubry (1815), Fyfe (1819), Bouvier (1819), Balard (1825) и другими современниками Courtois.

Первые количественные систематические определения иода в водорослях принадлежат Sarphati (1834), а 40-е гг. XX столетия знаменуются развитием иодной промышленности из водорослей, начатой в Шотландии и во Франции. В 1853 г. Foslie попытался определить иод в водорослях. Одновременно выясняется широкое распространение иода не только в организмах, воде, породах морского происхождения, но и в пресноводных осадках и организмах. В общем, правильную картину распределения иода в природе дает впервые в 50-х гг. Chatin (1850b), проделавший большую работу по определению иода в породах и воде из разных мест Франции. Им надлежащим образом была подтверждена роль иода при заболелении зобом, замеченная ранее⁶³.

С открытием концентрации иода в щитовидной железе животных (Baumann, 1895) иодная проблема проникает во все области биологических наук и, наконец,

⁶² Сообщено было впервые Clément, Désormes (1813).

⁶³ Задолго до открытия иода люди пользовались против зоба различными лекарственными средствами, как потом оказалось, богатыми иодом. У греков, римлян, арабов морская губка (*Spongia marina* и т. п.) широко применялась в медицине. Документально известно сейчас употребление ее в Европе против зоба по крайней мере с 1180 г. (упоминание у Roger Bacon). На Востоке – Китай, Япония, Индия – аналогичным средством были, несомненно, морские водоросли. Об этом свидетельствуют записи в старых китайских книгах. По-видимому, употребление водорослей в качестве пищи в местах эндемии зоба носило систематический характер и практиковалось задолго до нашей эры. Научно обосновал причину зоба и значение иода Coindet в 1820 г. История употребления губок в медицине изложена у Arndt (1924); Richter (1907); Sturm (1931); Viel и др. По истории употребления водорослей (в частности, против зоба на Востоке) почти ничего еще не сделано, хотя, несомненно, что это средство там было известно значительно раньше, чем в Европе.

в последние годы вопрос о распространении иода, в частности и в организмах, пересмотрен был заново под углом зрения геохимии иода благодаря многочисленным исследованиям Fellenberg (1924) и его сотрудников: Hercus, Roberts (1927), Lunde (1928), а также Wilke-Dörfurt (1928), Closs (1931). Вместе с тем накопился значительный материал по круговороту иода в море. Напомним более ранние работы Marchand (1866), Bourcet (1899), Gautier (1899b, c) и десятки новых, к которым мы обратимся позже.

Тысячи образцов различных пород минералов, почв, воды, водных и сухопутных организмов были опробованы на содержание иода. Стало ясно, что океан в целом содержит больше иода, чем континент. Распределение иода на суше неравномерно, что связано с характером почв и, в частности, с содержанием иода в тех породах, из которых образовались почвы [см. по этому поводу Fellenberg (1924), Bleyer (1926), Wilke-Dörfurt (1928)]. Более того, почвы обладают способностью адсорбировать иод, находящийся либо в виде солей, главным образом иодид (и иодат)⁶⁴, либо связанном с органическим веществом состоянии, либо, как теперь стало выясняться, в форме элементарного иода. Все окислительные факторы – как окислы Fe, Mg и других металлов, вероятно O₂ (и O₃), – освобождают его из соединений в виде иода. Реки, озера и другие пресные водоемы содержат иода во много раз больше. Количественное содержание иода в морской воде окончательно выяснилось за последние годы⁶⁵. В среднем его содержание колеблется около 50γ в 1 л воды (табл. 39)⁶⁶.

Иод неравномерно распределен в пределах океана и морей. Это видно из таблицы 40.

Наиболее богаты им оказались илистые грунты моря (Виноградов, 1938а). Помимо того, следует отметить, что Северное полушарие, имеющее большую протяженность береговой линии и, следовательно, более богатое прибрежными водорослями, среди которых находятся такие исключительные концентраторы иода, как *Laminariaceae*, имеет большие запасы иода сравнительно с Южным полушарием. Здесь происходит огромное его накопление. Вся история иодной промышленности – история использования водорослей Северного полушария⁶⁷. В связи с этим возникает вопрос, компенсируется ли в теплых морях этот процесс – накопление иода *Alcyonaria* и губками, широко здесь представленными.

Также много раз обсуждался вопрос о происхождении иода в море. Со времени возникновения биосферы, очевидно, что массивные породы⁶⁸, содержащие иод

⁶⁴ Denigès (1932) допускает образование иодата и иодида в море из свободного иода в присутствии бикарбоната кальция.

⁶⁵ Из недавних работ см. сводку E.M. Low и G.E. Hutchinson, которая появится в *Survey of Contemporary Knowledge of Biochemistry*, V. Bromine and Jodine, Bill. Amer. Mus. Nat. Hist.

⁶⁶ Приводим лишь некоторые данные для иода в воде открытого моря, на наш взгляд, наиболее близкие к действительности. Как правило, в воде открытого моря иода больше, чем у берега (параллельно с изменением содержания Cl). С глубиной (известны пробы с 900 м и больше) содержание иода, по-видимому, меняется. См. также данные Boussingault (1825), Macadan (1852), Marchand de Fécamp (см. Mohr, 1865), Thorpe и Morton (1871), Sonstadt (1872), Koettstorfer (1878), Itallie (1889), Gautier (1899b, c), Stoklasa (1911), Freundler (1924a), Heymann (1925), Hercus, Benson и Carter (1925), Bleyer (1926), Closs (1931) для различных морей.

⁶⁷ Центры иодной промышленности расположены в Северном полушарии: Шотландия (Великобритания), Нормандия (Франция), Норвегия и северно-западные берега Германии, Швеции, Дании, затем СССР (Мурман), Испания. В Азии на Тихом океане – Япония (Хоккайдо) и СССР (вблизи Владивостока). В Америке (Тихий океан) – Калифорнийский берег от о-ва Седрос до Аляски.

⁶⁸ По сравнению с другими галогенами, количество иода, поступившего из этого источника, крайне мало. Иод мог поступать из вулканических кратеров и горячих источников.

$n \cdot 10^{-5}\%$, по мере разрушения отдавали иод в реки, а последние сносили его в океан. Океан, таким образом, должен был бы обогащаться иодом. Но, во-первых, иод извлекается из морской воды морскими организмами, главным образом водорослями и беспозвоночными, у которых он распределен более или менее равномерно в теле (у более организованных позвоночных иод концентрируется в отдельных тканях или органах, – например, у рыб – в щитовидной железе и т. п.), и, во-вторых, происходит обогащение илистых грунтов иодом, привносимым вместе с остатками морских организмов.

Таблица 39
Содержание иода (в γ на 1 л) в воде морей

Иод	Место сбора	Координаты	Автор
Атлантический океан			
51	Прибрежная вода (Биарриц)	– –	Fellenberg, 1924
52.2	150 км от Бреста	47°11' с. ш., 6°31' з. д.	Reith, 1930
40.0	Поверхностная проба (Америка)	– –	Jarvis, Clough, Clark, 1926
Средиземное море			
61.7	200 км к югу от о. Кипр	33°54' с. ш., 31° 15' в. д.	Reith, 1930
53.3	То же с глубины 900 м		Тот же
Адриатическое море			
51	Открытое море	– –	Winkler, 1916
75	То же	– –	Bugarszky, Horvath, 1909
Красное море			
66.3	Поверхностная проба воды	22°56' с. ш., 37° 11' в. д.	Reith, 1930
69.5	Глубинная, 500 м	– –	Тот же
Балтийское море			
13	Восточное побережье Германии	– –	Matthes, Wallrabe, 1927
32	То же	– –	Isenbruch, 1927
Белое море			
40	Прибрежная зона	65°30' с. ш., 39° в. д.	Скопинцев, Михайловская, 1933
Северное море			
46.3	Восточная отмель Доггер	54°28' с. ш., 5°54' в. д.	Reith, 1930
43.4	Отмель Торнтон	51°33' с. ш., 2°53' в. д.	Тот же
Тихий океан			
50	Берег Калифорнии	– –	McClendon, 1922
38	Британская Колумбия (Джорджия)	– –	A.T. Cameron, 1922
	Япония	– –	Тот же
Индийский океан			
49.6	Поверхностная проба	3°48' с. ш., 63°48' в. д.	Reith, 1930
55.4	Глубинная, 500 м	– –	Тот же

Таблица 40
Содержание иода в воде, породах, организмах и т. п. на суше и море (в %)

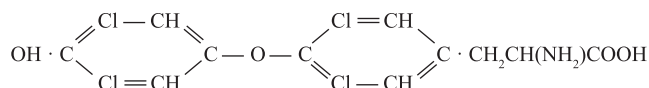
	На суше	В море
Воздух	$n \cdot 10^{-8}$	$n \cdot 10^{-6}$ ($\gamma/\text{м}^3$)
Вода	$n \cdot 10^{-7}$	$n \cdot 10^{-6}$
Горные породы	$n \cdot 10^{-5}$	—
Почвы (илы)	$n \cdot 10^{-4}$	$n \cdot 10^{-2}$
Растения (водоросли)	$n \cdot 10^{-5}$	$n \cdot 10^{-3}$
Животные	$n \cdot 10^{-6}$	$n \cdot 10^{-4}$
Щитовидные железы рыб	$n \cdot 10^{-1}$	$n \cdot 10^{-1}$

Таблица 41
Содержание иода в щитовидной железе позвоночных разного возраста (в % сухого вещества)

Организм	Молодой	Взрослый	Автор
<i>Homo sapiens</i>	0.01 (новорожд.)	0.3	Fellenberg, 1924
<i>Gallus gallus</i>	0.2 (7 недель)	0.5 (14 недель)	Choudhury

Последний процесс лишь только начал изучаться. Концентрация иода достигает в илах моря до $10^{-2}\%$. Богатые иодом нефтеносные и другие соленые пластовые воды обязаны своим происхождением иловой воде грунтов, накапливающих иод. Нужно считать, что первым звеном в биогенной миграции иода в море являются фитопланктонные организмы, а также и все прикрепленные водоросли, концентрация иода в которых в 1000 раз больше, чем в морской воде. Многочисленные Mollusca, Crustacea и др. поедают водоросли, становясь, в свою очередь, пищей рыб и других позвоночных. У позвоночных иод, как известно, концентрируется в щитовидной железе. У рыб, кроме того, находили высокое содержание иода в жире печени. Щитовидная железа морских позвоночных (например, рыбы) богаче иодом, чем у наземных позвоночных. Содержание иода в щитовидной железе изменяется в течение года определенным образом. Кривая содержания иода в водорослях в течение года напоминает подобную же кривую иода в щитовидной железе животных. Максимум иода в обоих случаях приходится на весну — лето, минимум — на зиму. Для нас этот факт представляет интерес в том отношении, что он лишним раз показывает пищевую зависимость между организмами. Заметим (табл. 41), что содержание иода в щитовидной железе у позвоночных минимальное в молодом возрасте и повышается со временем, т. е. обратно тому, что мы знаем относительно содержания в органах животных ряда тяжелых металлов: меди, железа, цинка, марганца, закладываемых еще у зародышей в печени и расходуемых во время роста.

Организмы привыкли к совершенно определенному содержанию иода, имеют свой иодный уровень и, конечно, в отдельных звеньях пищевой цепи они встречаются с варьирующим количеством иода. Физиологическая роль иода, как теперь выяснилось, огромна, но до конца еще не изучена, и мы не ставим себе цели об этом говорить. Единственное замечание, которое мы бы хотели еще сделать, касается характера состояния иода в щитовидной железе. Здесь он находится в виде:



Как показал Swingle (1922), тироксин, в котором иод замещен на бром, не производит своего физиологического действия⁶⁹.

14. Иод в Phaeophyceae

Еще современники Courtois показали, что самые большие количества иода в организмах можно встретить в морских водорослях. Их определения относятся главным образом к бурым водорослям, во-первых, наиболее распространенным в европейских морях, а во-вторых, как мы увидим далее, действительно наиболее богатым иодом среди других водорослей. В различных видах родов *Fucus*, *Laminaria* и многих других иод был найден качественно Davy (1814), John (1814), Ancum (1814), Gay-Lussak (1814), Gaulthier de Claubery (1815), Fyfe (1819), Krüger (1821), Driessen (1823), и позже Wheeler (1882), Bergstrand (1872), Flückiger (1887), Herzog, Babiу (1913) и Molish (1926). В настоящее время имеются данные о нахождении иода в более чем 250 видах водорослей, поэтому мы должны заключить, имея в виду последующее изложение, что все морские водоросли, без исключения, в разных количествах содержат иод⁷⁰.

Что касается количественного определения иода, то оно охватывает далеко не все исследованные на иод виды (около 200). Способ выражения данных по содержанию иода в водорослях разнообразен. Содержание его относят либо к живому весу водоросли, либо к сухо-воздушному состоянию, либо к сухому веществу водоросли, или, наконец, рассчитывая на золу водоросли. Привести к однообразию данные путем пересчета не всегда представляется возможным, поэтому мы вынуждены их привести так, как они первоначально были даны авторами. Следует заметить, что анализы неравноценны. Определение иода в золе явно ведет к его потере и потому должно считаться минимальным.

На отдельных данных мы остановимся особо (см. табл. 42, 43). Этот список может быть пополнен анализами водорослей, вид которых авторами не указан. См. Foslie (1884); Meyer (1891); Weis (1903); Аверкиев (1915, 1916); Forbers (1916a, b); Fellenberg (1924); Bleyer (1926); Sugimoto (1928); Gimm, Isenbruch (1929); Niesenmann, Писаржевский и мн. др.⁷¹

⁶⁹ О значении иода для развития организмов, их эволюции см. работы Harms.

⁷⁰ Zora Klas (1932) определил иод качественно в водорослях из Адриатического моря, *Anadyomene stellata*, *Cladostephus verticillatus*, *Phyllitis fascia*, *Zanardinia collaris*, *Spyridia filamentosa*, *Chylocladia clavellosa*, *Rytiphloea tinctoria*, *Vidalia volubilis* и в более чем 50 других видах, но он не смог оценить его содержание. Это произошло из-за метода, который он использовал. См. также качественные определения иода, приводимые Roman (1930a, b), Narasimham, Pal (1939) и др.

⁷¹ Аверкиев дал определение 149 образцов водорослей Тихого океана, Северного, Белого, Черного, Азовского, Балтийского и Каспийского морей, но нигде не дает точного ботанического названия водорослей. Поэтому данными Аверкиева пользоваться почти невозможно. См. замечания Зиновой о сборе водорослей. Pandal дал серию определений иода в водорослях. По Fellenberg (1924) в японских препаратах водорослей "Nori" 0.00587% иода; "Kombu" – 0.2640%; водоросли из Чили (Lache) – около 0.001%; неизвестные водоросли морские – 0.09%; у Bleyer (1926) они же 0.065% из Японии; у Glimm, Isenbruch (1929) – 0.0098% (все на сухое вещ.); Simpson (1932) для водорослей с берега Австралии – 0.20–0.86% (на сухое вещ.); Hercus, Roberts (1927) из Новой Зеландии – 0.0048%; по Боду водоросли (варек) из Астурии (Испания) – 0.60–0.0915% в золе (см. Bauchdeker); по Sugimoto (1928) в "Nori" японском 0.01%, а в "Kombu" – 0.03% в сухом. Gautier (1899a) приводит данные Allary. Очень вероятно также, что Yendo (1901) приводит данные европейских авторов, как и Doherty (1918) (в части, касающейся *Laminaria digitata*, *L. saccharina* и *Fucus*). Beckmann, Bark (1916) для *Fucus* из Немецкого моря дает 0.3% на сухое. См. Гайл (1930) о иоде для водорослей нашего тихоокеанского побережья. См. также Happ (1822); Holl (1826); Tressler, Wells (1924); Adolph, Wrang (1932); Rasmussen, Bjerresø (1941); Kollo, Anitescu (1942).

Таблица 42
Содержание иода в *Phaeorhysae*

Водоросли	Число анализов	Иод, в % живого вещества	Иод, в % сухого вещества	Иод, в % зола	Место сбора	Автор
<i>Laminaria saccharina</i>			Laminariaseae			
		—	0.230	—	—	Sarphati, 1834
		—	0.288	3.81	—	Schweitzer, 1845
		—	0.279**	—	—	Wallace (см. Wolff, 1871—1880)
		0.0488*	—	—	—	Stanford, 1877
		0.049	—	—	Берега Франции	Allary, 1881
		—	0.405	—	То же	Gautier, 1899a
	12	0.09	—	—	Бретань, Франция	Freundler, Ménager, 1922
		—	0.378	—	То же	Vincent, 1922
		—	—	—	Нормандия, Франция	Marchand, 1865
		—	0.1885	0.714	Северное море	Witting, 1858b
	черешок пластинка зона роста	2	—	—	0.6494	Северное море, о-в Гельголанд
		0.15	—	—	Кристинеберг, Швеция	Kulin, 1929
		0.03	—	—	То же	Тот же
		0.09	—	—	"	"
		—	0.303	—	Берега Норвегии	Westmann, Bark, 1916
4		—	0.496	—	Западный берег Норвегии	Krefting, 1899
		—	—	1.67	Балтийское море	Vibrams, 1873
2		0.043	—	—	Кольский залив,	Виноградов,
		—	—	—	Баренцево море	Бергман, 1938
5		—	0.264	—	Берега Баренцева и Белого морей	Бруевич, Трофимов, Гартман, 1933
		—	—	0.933	Мурманское побережье	Вараксин, 1924
4		—	—	0.55	Соловецкие острова, Белое море	Аверкиев, 1926

Полное собрание трудов академика А. П. Виноградова.
Том 1. «Химический элементарный состав организмов моря»

Таблица 42 (продолжение)

Водоросли	Число анализов	Иод, в % животного вещества	Иод, в % сухого вещества	Иод, в % зола	Место сбора	Автор
		—	—	0.63	Белое море	Лаб. Североюл, 1933
	2	—	0.14	—	Нанаймо, Канада	Samson, 1915
	3	—	0.32	—	Пьюджет-Саунд, Калифорния, США	Turrentine, 1912 (см. Samson)
		—	0.28 ¹	—	—	Doherty, 1918
		—	—	0.417 ²	Охотское море (?)	Осендовский, 1906
		—	—	5.0 ³	Балтийское море, Швеция	Weibull, 1917
			<i>Laminaria digitata</i>			
черешок		—	0.122	—	Шотландия	Anderson, 1855
пластинка		—	0.209	—	То же	То же
		—	0.135	—	"	Sarghathi, 1834
черешок		—	0.119	—	"	Sarghathi, 1834
		—	0.577	—	"	То же
		—	0.444	—	"	Wallace (см. Wolff, 1871-1880)
пластинка		—	0.454	—	Шотландия	Stanford, 1877
черешок		—	0.295	—	"	То же
		—	0.625	2.81	Западный берег Шотландии	Gödechens, 1845
		—	0.954	5.50	Нормандия, Франция	Marchand, 1866
		—	0.108 ¹	—	—	Tunmann, 1907
пластинка		—	0.154	—	То же	То же
		—	0.518	—	Берега Норвегии	Beckmann, Bark, 1916
черешок	2	—	0.19	—	Северное море вблизи Шлезвиг-Гольштейн	Eschle, 1897
пластинка		—	0.59	—	То же	То же
ризиды		—	0.51	1.46	Северное море, о-в Гельголанд	Albert, Krause, 1919

Таблица 42 (продолжение)

Водоросли	Число анализов	Иод, в % живого вещества	Иод, в % сухого вещества	Иод, в % золы	Место сбора	Автор
пластинка		—	0.765	—	То же	Тот же
молодой лист		—	1.7 ³	—	Бретань, Франция, Берега Франции	Vincent, 1924 Allagu, 1881
черешок		0.122 ⁴	—	—	То же	Тот же
пластинка		0.109 ⁴	—	—	То же	Тот же
черешок и ризоиды		0.061 ⁴	—	—	—	Gautier, 1899a
ризомы		0.123	0.595	—	Осло-фьорд	Lunde, Closs, 1930
		0.114	0.438	—	То же	Те же
		0.095	0.461	—	"	"
	3	0.15	—	—	Кристинеберг, Швеция	Kuĭn, 1929
	2	0.045	—	—	Кольский залив, Баренцево море	Виноградов, Бергман, 1938
	4	0.554	—	—	Западный берег Норвегии	Krefting, 1899
	6	—	0.347	—	Берега Баренцева и Белого морей	Бруевич, Трофимов, Гартман, 1933
		0.074	—	0.753	Мурманское побережье	Вараксин, 1924
		—	0.45	—	—	Doherty, 1918
		—	—	1.201 ²	Охотское море (?)	Оссендовский, 1906
<i>Laminaria digitata</i>		—	0.349	—	Атлантический океан, побережье северной Канады, Галифакс, Новая Шотландия	Butler, 1931
<i>Laminaria stenophylla</i>		—	0.0996	—	Берега Франции	Allagu, 1881
черешок		—	0.4235 ²	—	—	Оссендовский, 1906
пластинка	2	—	<i>Laminaria cloustonii</i>	1.40	Шотландия	Hendrick, 1916
		—	—	1.828	"	Тот же

Таблица 42 (продолжение)

Водоросли	Число анализов	Иод, в % животного вещества	Иод, в % сухого вещества	Иод, в % золы	Место сбора	Автор
черешок		0.23	—	—	Кристинеберг, Швеция	Kuĳin, 1929
лист		0.72	—	—	То же	То же
зона роста		0.11	—	—	"	"
<i>Laminaria cloustonii</i>	3	—	0.513	—	Роскоф, Франция	Freundler, Ménager, 1922
<i>Laminaria flexicaulis</i>	2	0.11	—	—	Берега Бретани	Vincent, 1924
		—	0.501	—	Берега Норвегии	Beckmann, Bark, 1916
пластинка		—	0.235	—	Берег Франции	Lelièvre, Ménager, 1925
черешок		—	0.80	—	—	То же
	7	—	0.678	0.995 ⁴	Бретань (Франция)	Freundler, Ménager, 1922
<i>Laminaria bullata</i>	3	0.008	—	1.285	Берег Франции	Allary, 1881
		—	0.17	—	Нанаймо, Канада	Sameton, 1914
	4	—	0.37	—	Пьюджет-Саунд, Калифорния, США	Turrentine, 1912
	2	—	0.41	2.06	Охотское море	Пентегов, Няньковский, Плаксин, 1927
<i>Laminaria hyperborea</i>	3	—	0.6603	2.9703	Северное море, о-в Гельголанд	Albert, Krause, 1919
пластинка		—	0.60	—	Калифорния, США	Turrentine, 1912
<i>Laminaria andersonii</i>		—	0.48	—	То же	Burd, 1915
<i>Laminaria longicristis</i>		—	0.737	—	Нью-Брансуик, Канада	Butler, 1931
<i>L. lejfoliit</i>	3	—	0.623	—	Роскоф, Франция	Freundler, Ménager, 1922
<i>L. angustata</i>	6	—	0.18	0.99	О-в Хоккайдо, Япония	Oshima, 1902
<i>L. longissima</i>	3	—	0.173	0.634	То же	То же
	2	—	0.073	—	Мыс Атояя, Канада	McClendon, Takeo Imai, 1933

Таблица 42 (продолжение)

Водоросли	Число анализов	Иод, в % животного вещества	Иод, в % сухого вещества	Иод, в % золы	Место сбора	Автор
<i>L. japonica</i>		—	0.25	0.75	Татарский пролив, Охотское море	Лясога, Павлов
	3	—	0.48	—	Охотское море	Пентегов, Няньковский, Плаксин, 1927
		—	0.106	0.619	О-в Хоккайдо, Япония	Oshima, 1902
		—	1.234	—	Китай	Read, How, 1927
	5	—	0.128	—	О-в Хоккайдо, Япония	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>Laminaria ochotensis</i>	4	—	0.188	0.922	То же	Oshima, 1902
		—	0.206	—	Из разных мест Тихоокеанского побережья Японии (о-в Хоккайдо, о-в в Рюкюган)	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>Laminaria religiosa</i>		—	1.158	—	Китай	Read, How, 1927
	4	—	0.127	0.679	О-в Хоккайдо, Япония	Oshima, 1902
		—	0.419	—	Отару, Япония	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>Laminaria fragilis</i>		—	0.262	1.063	О-в Хоккайдо, Япония	Oshima, 1902
<i>L. dentigera</i>	2	—	0.177	—	о. Аланд, Курильские острова	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>L. sachalinensis</i>	2	—	0.229	—	О-в Сокобцу, Япония	Те же
<i>L. cortacea</i>		—	0.232	—	О-в Хоккайдо, Япония	
<i>L. sp.</i>	4	—	0.192	—	То же	
<i>Saccorhiza bulbosa</i>		0.007	0.068	—	Берега Бретани, Франция	Vincent, 1924
<i>Chorda filum</i>		0.01	—	—	Западный берег Швеции, Кристинеберг	Kylin, 1929
		0.018	0.141	—	Берег Бретани, Франция	Vincent, 1924
		—	0.089	—	—	Sapthai, 1834

Таблица 42 (продолжение)

Водоросли	Число анализов	Иод, в % животного вещества	Иод, в % сухого вещества	Иод, в % золь	Место сбора	Автор
		—	0.002	—	Мацу-Бэй, Япония	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>Ch. sp.</i>		—	0.120	0.287	Мурманское побережье	Вараксин, 1924
<i>Ch. filum</i>		—	—	—	?	Stanford, 1877
<i>Ecklonia cava</i>	2	—	—	0.478	Чиба, Ямагучи, Япония	Oshima, 1902
		—	0.187	—	—	Okuda, Eto, 1916
<i>E. bicyclis</i>		—	—	0.531	Чиба, Ямагучи, Япония	Oshima, 1902
	5	—	0.209	—	—	Okuda, Eto, 1916
<i>E. radiata</i>		0.06	0.40	1.5	Сидней Хёлс, Австралия	Doherty, 1918
<i>E. exasperata</i>		—	—	0.89	Новый Южный Уэльс	White, 1907
<i>E. kurone</i>		—	0.0275	—	Морск. биол. станция Сето, Япония	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>Egregia laevigata</i>	2	—	0.03	—	Калифорния, США	Burd, 1915
<i>E. menziesii</i>	3	—	0.03	—	То же	Тот же
		—	0.09	—	Калифорния, США	Turrentine, 1912
<i>Agarum fimbriatum</i>	8	—	0.151	—	Найаймо, Канада	Samson, 1914
	2	—	0.09	—	Пьюджет Саунд, Калифорния, США	Turrentine, 1912
<i>Ag. turneri</i>		—	0.097	—	Галифакс, Канада	Butler, 1931
<i>Costaria turneri</i>	2	—	Следы 0.029	—	Калифорния, США	Turrentine, 1912
		—	—	—	Найаймо, Канада	Samson, 1915
<i>Macrocystis pyrifera</i>	29	—	0.27	—	Пьюджет Саунд, Калифорния, США	Turrentine, 1912
	4	—	—	0.6 ⁵	—	Balch, 1909
черешок	18	—	0.13	—	Сан-Диего, ЛаХолла, Калифорния, США	Burd, 1915
пластинка	18	—	0.18	—	То же	Тот же

Таблица 42 (продолжение)

Водоросли	Число анализов	Иод, в % живого вещества	Иод, в % сухого вещества	Иод, в % золы	Место сбора	Автор
<i>Nereocystis luekeana</i>	23	—	0.20	—	Фрешуотер-Бэй, Калифорния, США	Parker, Lindemuth, 1913
	4	—	0.22	—	Нанаймо, Канада	Sameton, 1915
	6	—	0.14	—	Пьюджет Саунд, Калифорния, США	Turrentine, 1912
	3	—	—	0.2 ⁵	Калифорнийский берег, США	Balch, 1909
	13	—	0.07	—	То же	Burd, 1915
	13	—	0.1	—	"	Тот же
<i>Relagorhynchus rotta</i>	16	—	0.22	—	Фрешуотер-Бэй, Калифорния, США	Parker, Lindemuth, 1913
	5	—	0.36	—	Пьюджет Саунд, Калифорния, США	Turrentine, 1912
		—	—	0.55 ⁵	То же	Balch, 1909
		—	—	0.85 ⁵	"	Тот же
	5	—	0.26	—	Калифорния, США	Burd, 1915
<i>Arthrothamnus bifidus</i>		0.233	1.132	—	О-в Хоккайдо, Япония	Oshima, 1902
<i>Postelsia palmaeformis</i>	3	—	0.14	—	Калифорния, США	Turrentine, 1912
<i>Dicyonium californicum</i>		—	0.09	—	То же	Тот же
<i>Pleurorhynchus gardneri</i>	2	—	0.12	—	"	"
<i>Сymathere triplicata</i>	2	—	0.03	—	"	"
<i>Alaria lanceolata</i>	2	—	Следы	—	"	"
		—	0.06	—	Аляска	"
<i>A. esculenta</i>		—	0.101	—	Галифакс, Новая Шотландия, Канада	Butler, 1931
<i>A. tenuifolia</i>		—	0.027	—	Нанаймо, Канада	Sameton, 1915
	2	—	0.059	—	Баренцево и Белое моря	Бруевич, Трофимов, Гартман, 1933

Таблица 42 (продолжение)

Водоросли	Число анализов	Иод, в % животного вещества	Иод, в % сухого вещества	Иод, в % зола	Место сбора	Автор
<i>A. fistulosa</i>	—	—	Следы	—	Нанаймо, Канада	Sameton, 1915
<i>A. valida</i>	—	—	0.08	—	Аляска	Turrentine, 1912
<i>A. macrospora</i>	—	—	0.0435	—	Мыс Атогия, Япония	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>Alaria dolichorhachis</i>	2	—	0.045	—	Тосирари, Япония	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>Fucus vesiculosus</i>	—	—	Fucaseae	—	—	Sarphati, 1834
	—	—	0.001	—	—	Stanford, 1877
	—	—	0.0297**	—	—	Anderson, 1855
	—	—	—	0.18	Шотландия	Hendrick, 1916
	—	—	—	0.225	"	Gödechens, 1845
	—	—	—	0.269	Западный берег Шотландии	Oswald, 1911
	—	—	0.1	—	Роскоф, Франция	Vincent, 1924
	—	—	0.008	0.028	Берег Бретани, Франция	Marchand, 1865
	—	—	0.112	0.74	Нормандия, Франция	Fagerström, 1823
	—	—	—	1.4	Северное море	Eschle, 1897
	—	—	0.02	—	Северное море, Шлезвиг-Гольштейн	Beckmann, Bark, 1916
	2	—	0.011	—	Балтийское море	Vibrans, 1873
	—	—	—	1.05	То же	Albert, Krause, 1919
	2	—	0.0405	0.202 ³	Северное море, о-в Гельголанд	Kylin, 1929
старый лист	0.0027	—	—	—	Кристинеберг, Швеция	То же
	0.003	—	—	—	То же	"
	0.003	—	—	—	"	"
	—	—	0.015	0.12 ³	Балтийское море, Швеция	Weibull, 1917
	—	—	—	0.031	—	Marsson, 1851

Таблица 42 (продолжение)

Водоросли	Число анализов	Иод, в % живого вещества	Иод, в % сухого вещества	Иод, в % золы	Место сбора	Автор
<i>Fucus serratus</i>	—	—	0.0113	—	—	Itallie, 1889
	2	—	0.026	—	Белое море	Бруевич, Трофимов, Гартман, 1933
	—	0.003	—	0.055	Мурманское побережье	Вараксин, 1924
	—	—	0.0127	—	Нью-Брансуик, Северная Канада	Butler, 1931
	—	—	—	0.109 ²	—	Schweitzer, 1845
	—	—	—	0.741 ²	Охотское море (?)	Осендовский, 1906
	—	—	0.124	—	—	Sarghathi, 1834
	—	—	0.177	0.99	Западный берег Шотландии	Gödechens, 1845
	—	—	0.0565	—	—	Wallace (см. Wolff, 1871—1880)
	—	—	0.0865**	—	Охотское море (?)	Stanford, 1877
<i>Fucus spiralis</i>	—	—	—	0.213	Шотландия	Hendrick, 1916
	—	—	0.058	0.224	—	Schweitzer, 1845
	—	—	0.154	0.88	Нормандия, Франция	Marchand, 1865
	2	0.0075	—	—	Кристинеберг, Швеция	Kylin, 1929
	—	0.01	0.043	—	Берег Бретани, Франция	Vincent, 1924
	2	—	0.1026	0.5083	Северное море, о-в Гельголанд	Albert, Krause, 1919
	—	—	—	0.56	Балтийское море	Vibrans, 1873
	—	—	0.06	—	Онежский залив Белого моря	Бруевич, Трофимов, Гартман, 1933
	—	—	—	0.796 ²	Охотское море (?)	Осендовский, 1906
	—	—	—	0.2 ³	Балтийское море, Швеция	Weibull, 1917
<i>Fucus spiralis</i>	0.002	—	—	Кристинеберг, Швеция	Kylin, 1929	
<i>F. furcatus</i>	—	Следы	—	Калифорния, США	Turrentine, 1912	

Таблица 42 (продолжение)

Водоросли	Число анализов	Иод, в % животного вещества	Иод, в % сухого вещества	Иод, в % золь	Место сбора	Автор
<i>F. evanescens</i>	6	—	0.023	—	Нанаймо, Канада	Sameton, 1915
	4	—	0.05	—	Пьюджет Саунд, Калифорния, США	Turrentine, 1912
	8	—	0.017	—	Нанаймо, Канада	Sameton, 1915
<i>F. (macrocephalus)</i>	—	—	Следы	—	Аляска	Turrentine, 1912
	—	—	0.027**	—	Порбандар, Индийский океан	Dixit, 1930
<i>F. inflatus</i>	—	—	0.031	—	Баренцево море	Бруевич, Трофимов, Гартман, 1933
<i>Ascorphyllum nodosum</i>	—	—	—	0.36	Шотландия	Anderson, 1855
	—	—	0.0396	—	—	Wallace
	—	—	0.0572**	—	—	(см. Wolff, 1871–1880)
	—	—	0.074	0.41	Западный берег Шотландии	Stanford, 1877
	—	—	—	0.415 ²	—	Gödechens, 1845
<i>Himanthalia lorea</i>	—	—	—	—	То же	Hendrick, 1916
	2	0.022	0.084	—	Берег Бретани, Франция	Vincent, 1924
	—	0.011	—	—	Кристинеберг, Швеция	Kuulin, 1929
	—	—	0.062	—	Норвегия	Beckmann. Bark, 1916
	2	—	0.1984	0.7934	Северное море, о-в Гельголанд	Albert, Krause, 1919
	—	0.004	—	0.056	Мурманское побережье	Вараксин, 1924
<i>Himanthalia lorea</i>	—	—	0.1362	—	Галифакс, Новая Шотландия, Канада	Butler, 1931
	—	—	0.089	—	—	Stanford, 1877
	—	—	0.0087	—	—	Allary, 1881
<i>Himanthalia lorea</i>	2	—	0.001	0.004	Северное море, о-в Гельголанд	Albert, Krause, 1919
	2	—	—	0.03	?	Мальневский, 1915

Таблица 42 (продолжение)

Водоросли	Число анализов	Иод, в % животного вещества	Иод, в % сухого вещества	Иод, в % золы	Место сбора	Автор
<i>Halidrys siliquosa</i>		—	—	0.08	Балтийское море, Швеция	Weibull, 1917
		—	0.075	0.65	Нормандия, Франция	Marchand, 1866
		0.021	0.086	—	Берег Бретани, Франция	Vincent, 1924
		0.0083	—	—	Кристинеберг, Швеция	Kuulin, 1929
		—	0.264	1.030	Северное море, о-в Гельголанд	Albert, Krause, 1919
		—	0.2131	—	?	Stanford, 1877
<i>Cystophyllum geminatum</i>		—	0.25	—	Аляска	Turrentine, 1912
<i>Turhinaria fusiformis</i>		—	0.06	—	Иносима, Япония	Okuda, Eto, 1916
<i>Pebevia canaliculata</i>		0.004	0.021	—	Берег Бретани, Франция	Vincent, 1924
<i>Cystoseira barbata</i>		—	0.0077	0.0478	Берег Крыма, Черное море	Шкагелов, 1917
<i>C. discors</i>	2	—	—	0.027	Неаполитанский залив	Scurti, 1906
<i>C. fibrosa</i>		0.0027	0.011	—	Бретань, Франция	Vincent, 1924
<i>C. siliquosa</i>		—	0.142	—	—	Sarghathi, 1834
<i>Sargassum linifolium</i>	2	—	—	0.072	Неаполитанский залив	Scurti, 1906
<i>S. enerve</i>	2	—	0.339	—	Китай	Read, How, 1927
<i>S. horneri</i>	2	—	0.126	—	Канадзава, Япония	Okuda, Eto, 1916
		—	0.081	—	Мисаки, Япония	Тот же
<i>S. serratifolium</i>	6	—	0.130	—	То же	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>S. ringgoldianum</i>	2	—	0.120	—	"	Те же
<i>S. tosaense</i>	2	—	0.0175	—	Морская биол. станция Сето, Япония	"
<i>Sargassum patens</i>	4	—	0.021	—	То же	"
<i>S. aquifolium</i>	2	—	0.0039	—	"	"
<i>S. microcanthum</i>	—	—	0.0035	—	"	"
<i>S. tortile</i>	4	—	0.034	—	"	"
<i>S. thunbergii</i>	5	—	0.041	—	"	"

Полное собрание трудов академика А. П. Виноградова.
Том 1. «Химический элементарный состав организмов моря»

Таблица 42 (продолжение)

Водоросли	Число анализов	Иод, в % животного вещества	Иод, в % сухого вещества	Иод, в % зола	Место сбора	Автор
<i>S. confusum</i>		—	0.0095	—	Мацу-Бэй, Япония	"
<i>S. piluriferum</i>	2	—	0.0113	—	Морская биол. станция Сето, Япония	"
<i>Sargassum</i> sp.	7	—	0.058	—	Из разных мест Японии	"
	3	—	0.038**	—	Бомбей, Оха, Индийский океан	Dixit, 1930
			0.054	—	—	Smith, 1904
			0.029	—	—	Тот же
			Dictyotaceae			
<i>Padina arborescens</i>	2	—	0.0025	—	Морская биол. станция Сето, Япония	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>P. pavonia</i>	2	—	0.003	—	То же	То же
<i>Haliseris undulata</i>		—	0.007	—	"	"
<i>Zonaria dtesingiana</i>		—	0.021	—	"	"
<i>Dictyota dichotoma</i>		—	0.0043	—	Мацу-Бэй, Япония	"
			Sphaecelariaceae			
<i>Sphaecelaria bipinnata</i>		0.1	—	—	Кристинеберг, Швеция	Kuĭin, 1929
			Encoeleiaaceae			
<i>Scytosiphon lamentaria</i>		—	0.014	—	Нанаймо, Канада	Sameton, 1915
<i>Colpomenia sinuosa</i>		—	0.006	—	Мацу-Бэй, Япония	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>C. sp.</i>		—	0.006	—	То же	То же
<i>Punctaria latifolia</i>		—	0.0046	—	"	"
			Dictyosiphonaceae			
<i>Dictyosiphon hippuroides</i>		0.063	—	—	Кристинеберг, Швеция	Kuĭin, 1929
			Desmarestiaceae			
<i>Desmarestia aculeata</i>		0.12	—	—	То же	То же
	2	—	0.436	—	Баренцево и Белое море	Бруевич, Трофимов, Гартман, 1933

Таблица 42 (окончание)

Водоросли	Число анализов	Иод, в % живого вещества	Иод, в % сухого вещества	Иод, в % золы	Место сбора	Автор
<i>Desmarestia viridis</i>		0.0076	—	—	Кристинеберг, Швеция	Кулин, 1929
<i>Desmarestia ligulata</i>		—	0.026	—	Нанаймо, Канада	Sameton, 1915
<i>D. herbacea</i>		—	0.019	—	То же	Sameton, 1914
		—	0.058	—	"	Sameton, 1915
		—	0.09	—	Пьюджет-Саунд, Калифорния, США	Turrentine, 1912
<i>Stilophora rhizoides</i>		0.012	—	—	Spermatophyceae	Кулин, 1929
		—	—	—	Mesogliaceae	Кулин, 1929
<i>Mesogloia vermiculata</i>		0.0011	—	—	Кристинеберг, Швеция	Stanford, 1877
<i>Chordaria flagelliformis</i>		—	0.281**	—	То же	Кулин, 1929
		0.05	—	—	Кристинеберг, Швеция	Sameton, 1915
		—	0.023	—	Тихоокеанское побережье Канады	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>Ch. firma</i>		—	0.0027	—	Мацу-Бэй, Япония	
<i>Leathesia difformis</i>	3	—	—	—	Согупорфлаеаеае	Sameton, 1915
		—	0.011	—	Тихоокеанское побережье Канады	
<i>Pyraliella littoralis</i>		0.0036	—	—	Estosagrassaeae	Кулин, 1929
<i>Estosarpus tomentosus</i>		0.019	—	—	Западный берег Швеции	Тот же

* В % свежето вещества.

** Воздушно-сухое вещество.

¹ Среднее.

² Неяно, на что рассчитано.

³ Максимальное.

⁴ На свежий варек.

⁵ В % растворенных солей.

Таблица 43
Содержание иода в Phaeophyceae (современные данные)

Водоросли	Число определений	Иод, в % сухого вещества	Иод, в % золы	Место сбора	Автор
Laminaria					
<i>digitata</i>		0.24	0.87	Белое море	Ведринский, 1938a
<i>digitata f. complanata</i>					
лист		–	0.97	То же	Муравьев, 1935
стебель		–	0.91	"	Тот же
лист	3	0.798	–	Кольский залив	Трофимов, 1938
стебель	3	0.643	–	То же	Тот же
<i>saccharina</i>		0.20	0.63	Белое море	Ведринский, 1938a
<i>saccharina f. bulbata</i>					
лист		–	1.03	То же	Муравьев, 1935
<i>saccharina f. bulbata</i>					
стебель		–	0.94	"	Тот же
sp.		0.25	–	О-в Хоккайдо, Япония	Nagata, 1936
sp. лист	8	0.307	–	Кольский залив	Трофимов, 1938
sp. стебель	8	0.427	–	То же	Тот же
<i>religiosa</i>		0.024 (?)	–	Китайское море	Adolph, Whang, 1932
<i>japonica</i>		0.58	–	Приморье, СССР	Gail, 1930
		0.235	–	Мыс Басаргина, Приморье	Kiesewetter, 1936b
нижняя часть листа		0.415	–	То же	Тот же
средняя часть листа		0.194	–	"	"
верхняя часть листа		0.202	–	"	"
<i>bullata</i> , молодой		0.44	–	"	"
старый		0.50	–	"	"
<i>bondardina</i>		0.28**	–	Белое море	Ведринский, 1938a
<i>Desmarestia plicata</i>		–	0.52	–	Муравьев, 1935
<i>Sargassum fusiforme</i>		0.0321	–	Китайское море	Tang, Whang, 1935
		0.031	–	То же	Tang, Chang, 1935
<i>S. graminifolium</i>		0.079	–	"	Tang, Whang, 1935
		0.1074	–	"	Tang, Chang, 1935
		0.110	–	"	Те же
<i>S. thunbergii*</i>		0.053	–	"	Tang, Whang, 1935
		0.0384	–	"	Tang, Chang, 1935

Таблица 43 (окончание)

Водоросли	Число определений	Иод, в % сухого вещества	Иод, в % золы	Место сбора	Автор
		0.022	–	Циндао, Китайское море	Tang, Kou, Tang, 1936
<i>S. siliquastrum</i>		0.0223	–	Китайское море	Tang, Chang, 1935
<i>S. hemiphyllorum</i>		0.094	–	То же	Те же
<i>S. horneri</i>		0.039	–	"	"
<i>S. pallidum</i>		0.0268	–	Циндао, Китайское море	Tang, Kou, Tang, 1936
<i>Sargassum</i> sp.		0.0462	–	То же	Те же
<i>Endarachne binghanida</i>		0.0046	–	Китайское море	Tang, Chang, 1935
<i>Ecklonia cava</i>		0.38	–	То же	Masuda, 1933
? <i>Nereocarpus divaricatus</i>		0.005	–	Циндао, Китайское море	Tang, Kou, Tang, 1936

* Совместимо с *Spacelaria sulfosa*.
** Максимум.

Картина распределения иода в бурых водорослях включает данные, касающиеся главным образом видов двух семейств из *Phaeorhysaceae* – *Laminariaceae* и *Fucaceae*. Данные эти касаются разнообразных видов, обитающих в прибрежной зоне, в открытом море, на разных глубинах, собранных в разное время года и т. д. Кроме того, они дают представление о содержании иода в одних и тех же видах водорослей из различных мест земного шара, преимущественно, конечно, в пределах Северного полушария. Так, мы имеем анализы водорослей с берегов Атлантического океана и прилежащих морей Шотландии, Ирландии и других островов Великобритании, Атлантических берегов Америки, берега Скандинавии, берега Немецкого моря, Нормандии и других берегов Франции, Испании, Средиземного моря; внутренних морей Европы – Черного, Каспийского и др.; с берегов Ледовитого океана – Мурманского побережья (Баренцево море), Белого моря; с тихоокеанского побережья – от Аляски до Южной Калифорнии, а также вдоль японского берега с Охотским и Японскими морями. Из других мест анализы редки, например, анализы Dixit (1930) водорослей из Индийского океана, Австралии; анализы Аверкиева (1926)⁷² для водорослей Каспийского моря (к сожалению, без названия видов).

Gauthier de Claubry (1815), а позже и многие другие – Moridé (1866), Pellieux и Allary (1880), Weitzig – обратили внимание на значительно более высокое содержание иода в видах рода *Laminaria*, нежели в других *Phaeorhysaceae*. Факт этот настолько очевиден, что нам достаточно будет посмотреть таблицы 42, 43, чтобы убедиться в этом. Виды *Laminaria* наиболее богаты иодом, как мы увидим дальше, не только среди бурых, но и среди других водорослей вообще. Из европейских видов самые богатые иодом *L. digitata* и *L. saccharina*, а также *L. cloustonii*, *L. flexicaulis*, *L. bullata* и др.; из американских (берег Тихого океана) – *L. andersonii*; из японских – *L. bullata*, *L. japonica*, *L. religiosa*. Количество иода в них (например, в *L. digitata*)

⁷² Аверкиев нашел для различных водорослей иод в процентах золы из Балтийского моря от следов до 0.001, т. е. очень мало. Так как иод определялся из золы, желательно повторить определения непосредственно из свежих водорослей.

достигает 5.0% в золе водорослей, или 1.0% в сухом, что равно 0.2% иода в живой водоросли.

Следующее место по концентрации иода в тех же Laminariaceae занимают так называемые гигантские водоросли из подсемейства Lessonioideae: *Macrocystis pyrifera*, *Pelagophycus porra*, *Nereocystis luetkeana*, *Lessonia*, *Dictyoneurum californicum* и *Postelsia palmaeformis*. Содержание в них, по данным американских авторов, колеблется (табл. 44).

Содержание иода в других родах Laminariaceae несколько меньше сравнительно с *Laminaria* и Lessonioideae, хотя в отдельных случаях некоторые виды оказываются особо богатыми. Повторяется правило, о котором будет еще сказано, когда среди рода (или несколько родов), относительно богатых тем или иным химическим элементом, выделяются отдельные виды с очень высоким содержанием его.

3-е место по содержанию иода занимают роды *Ecklonia*, *Agarum*, *Alaria*. Содержание иода колеблется в них от 0.03 до 0.2% в сухом, т. е. его в несколько раз меньше, чем у *Laminaria*, но в общем все они с высоким содержанием иода. Для других родов и видов Laminariaceae не менее характерно относительно высокое содержание иода; см., например, *Egregia*, *Arthrothamnus*, *Pleurophicus* и др. Но анализы для них не столь многочисленны, чтобы можно было сделать какой-либо вывод. Другое хорошо представленное анализами семейство Fucaceae в общем содержит иода в 5–10 раз в среднем меньше, чем выше названные виды *Laminaria*. Среди Fucaceae относительно богаты иодом роды *Fucus*⁷³, *Custophyllum*.

Виды Fucaceae из разных мест дают примерно один и тот же порядок содержания иода, например: для *Fucus vesiculosus* – около 0.1%, *Fucus serratus* – 0.1%, *Ascophyllum nodosum* – около 0.1%, *Cystoseira* – около 0.1% в сухом веществе; для других оно несколько меньше. Отмечаются более значительные колебания в содержании иода у видов Fucaceae, нежели у *Laminaria* из разных мест. Причины этого, может быть, лежат во времени сбора водорослей, а также глубинах, с которых они были взяты⁷⁴.

Таблица 44
Пределы колебания содержания иода в гигантских водорослях
(в % сухого вещества)

Вид	Число определений	Minimum	Maximum	Среднее	Автор
<i>Macrocystis pyrifera</i>	29	0.15	0.41	0.27	Turrentine, 1912
	23	0.14	0.27	0.20	Parker, Lindemuth, 1913
	72	0.10	0.41	0.17	Burd*, 1915
<i>Nereocystis luetkeana</i>	49	0.01	0.30	0.17	Cameron*, 1915
	16	0.13	0.30	0.215	Parker и Lindemuth, 1913

* Анализы разных частей водорослей.

⁷³ *Fucus furcatus* и *F. spiralis* обычно наиболее бедные по содержанию иода.

⁷⁴ Weber, General (1938) указывают, что *Fucus vesiculosus*, *serratus*, *platycarpus* и *mytili* из Северного моря богаче по содержанию иодом, чем балтийские растения, которые содержат только 0,033% иода в сухом веществе.

Таблица 45
Содержание иода (в % на сухое вещество) в различных водорослях
(в связи с их вертикальным распределением в море)*

Глубина, м	Ассоциации Северного Ледовитого океана (Баренцево море)	Иод	Ассоциации Атлантического океана (Шотландия, Франция)	Иод	Ассоциации Тихого океана (берег Калифорнии)	Иод
Сублитораль						
0	<i>Rhodomeni palmata**</i>	0.001	<i>Fucus vesiculosus</i>	0.02	<i>Enteromorpha linza***</i>	0.02
	<i>Fucus vesiculosus</i>	0.02	<i>F. siliculosus</i>	0.02	<i>Fucus evanescens</i>	0.05
	<i>Ascophyllum Nodosum</i>	0.03	<i>Ascophyllum nodosum</i>	0.08	<i>Gigartina mamilliosa**</i>	0.02
	<i>Fucus serratus</i>	0.06	<i>Himanthalia lorea</i>	0.01	<i>Polysiphonia sp.**</i>	0.01
5	<i>Alaria esculenta</i>	0.05	<i>Laminaria saccharina</i>	0.40	<i>Alaria valida</i>	0.08
	<i>Laminaria saccharina</i>	0.3	<i>L. flexicaulis</i>	0.3	<i>Laminaria bullata</i>	0.4
Литораль						
10	<i>Laminaria digitata</i>	0.3	<i>Saccorhiza bulbosa</i>	0.1	<i>L. saccharina</i>	0.3
	<i>Delesseria sinuosa**</i>	0.05			<i>Costaria costata</i>	0.03
	<i>Ptilota plumosa**</i>	0.4			<i>Nereocystis luetkeana</i>	0.2

* Приведены средние данные для некоторых типичных водорослей.

** Rhodophyceae.

*** Chlorophyceae; остальные – Phaeophyceae.

Вообще виды Phaeophyceae, взятые вблизи берега и с небольших глубин, содержат иода меньше, чем из открытого моря. Fucaseae, как правило, находятся в полосе прибоя, в литоралии. Если мы расположим по вертикали глубины, на которых обычно обитают те или иные виды, то в соответствии с этим разным вертикальным зонам будет отвечать различное содержание иода в водорослях, причем чем глубже, как правило, для Phaeophyceae, тем больше (табл. 45).

Мы привели вертикальный разрез естественных ассоциаций водорослей с трех берегов из различных широт и всюду это правило, в общем, для Phaeophyceae выдерживается. Иодный уровень является типичным для отдельных видов водорослей, одновременно характеризуя виды, обитающие в определенных одинаковых условиях (табл. 46).

Таблица 46
Содержание иода в водорослях, взятых вблизи берега
и в открытом море (в % сухого вещества)

Вид	Вблизи берега	Иод	В открытом море	Иод
<i>Laminaria japonica</i>	Вблизи Владивостока (Охотское море)	~0.2	Татарский пролив	~0.3
<i>Phyllophora rubens</i>	Вблизи Севастополя (Черное море)	~0.10	Черное море	~0.3
<i>Trailiella intricata</i>	Гавань вблизи Кристинеберга (Швеция)	0.13	Западный берег Швеции (Атлантический океан)	0.53

Подобная же закономерность наблюдается для Phaeophyceae по мере удаления обитания вида от берега к открытому морю. Одни и те же виды по мере удаления повышают содержание иода. Вероятно, широта также влияет на содержание иода в видах.

Для других семейств Phaeophyceae данные единичны. Из Desmarestiaceae богаче других видов из этого семейства *Desmarestia aculeata*; из других семейств – *Chorda filum*, *Dictyosiphon hippuroides*. Наиболее богатые Phaeophyceae из более теплых морей, например, типичные *Sargassum*, *Cystoseira* не отличаются по содержанию иода от обычных северных *Fucus*. Сказывается ли обитание на различных широтах на содержании иода у одного и того же вида? Расселение водорослей вдоль берега (например, островов Японии или фиордов Скандинавии) связано с многочисленными вариациями условий существования. Каждый вид приурочен к определенному температурному режиму, солёности и т. п. Очень вероятно, что эти условия находятся в связи с интенсивностью накопления иода. Данных, однако, нет. Более общее правило таково, что моря с большей солёностью и холодных поясов благоприятствуют накоплению иода водорослями, на что обращали внимание многие (см. Pellieux, Allary, 1888). *Laminaria*, как мы знаем, не продвигаются на юг дальше 30° с. ш. Однако Turrintine (1912), Parker, Lindemuth (1913) и др. не получали резкого различия в содержании иода в гигантских водорослях, взятых с калифорнийского берега от южных островов до Аляски, хотя Cameron (1915) указывает на богатство *Macrocystis* иодом сравнительно с *Nereocystis* (более северным видом) в 2 раза.

Среди водорослей теплых морей не имеется представителей, подобных *Laminariaceae* по величине концентрации иода. Виды из умеренного пояса Южного полушария содержат иод подобно видам из умеренных вод Северного полушария. Hooker (1847) указывал, что *Lessonia nigrescens* с южной оконечности Южной Америки (мыс Горн) не менее богаты иодом, чем водоросли Северного полушария. Виды, обитающие в опресненных морях (умеренных широт или холодных), содержат иод, например *Fucus vesiculosus* из Северного, Балтийского морей и др. [Krüger (1821), Sundvik (1903–1904)]⁷⁵, несколько меньше. Обращаясь к содержанию иода в бурых водорослях (составляющих основную массу так называемого vareka) того или иного берега в целом, мы должны признать, что для водорослей французского берега (Бретань, Нормандия) числа I наиболее высоки. Затем идут бурые водоросли Шотландии (и Ирландии), далее скандинавских берегов и Мурмана, а также и Атлантического побережья Америки (Калифорнии). Водоросли тихоокеанского

⁷⁵ Требуется проверка. Данные качественные.

побережья в целом менее богаты иодом. Водоросли Охотского моря⁷⁶, Японских островов напоминают по содержанию иода водоросли Шотландии. Наиболее бедные иодом Phaeophyceae с алжирских берегов (Средиземное море).

Таблица 47
Содержание иода в однолетних и многолетних водорослях
(в % сухого вещества)

Водоросли	Иод
Однолетние	
<i>Saccorhiza bulbosa</i>	0.07
стебель	0.08
<i>Himanthalia lorea</i>	0.02
Многолетние	
<i>Laminaria cloustonii</i> ;	
лист	0.88
стебель	0.68
<i>Laminaria flexicoulis</i> ,	
лист	0.64
стебель	0.39
<i>Laminaria saccharina</i> лист	0.30

С физиологической стороны Freundler, Ménager, Laurent, Lelièvre (1925b) пытаются объяснить концентрацию иода у глубоководных форм как компенсацию недостатка света для процессов ассимиляции (табл. 47).

Не входя в подробности вопроса о значении иода для развития водорослей, мы должны на основании исследований бурых водорослей признать своеобразие распределения иода от вида к виду, являющееся видовым признаком, тесно связанным с биологией данного вида.

Содержание иода в течение года в Phaeophyceae и других водорослях изменяется. Максимум его содержания приходится, по-видимому, на время их максимального роста и образования спор, главным образом на весенне-летние месяцы. Hollard (1926) нашел максимум для *Laminaria flexicaulis* (побережье Франции) в августе и сентябре; Wille (1899) имел максимум иода в норвежских водорослях в июле (табл. 48).

По Аверкиеву (1926), максимум иода в *Phyllophora rubens* (Черное море) приходится на май – август.

Согласно Трофимову (1938a), содержание иода в *Laminaria saccharina* из Кольского залива изменяется следующим образом (в % сухого вещества):

Январь	0.350	Июнь ⁷⁷	0.225
Февраль	0.365	Июль	0.260
Март	0.280	Август	0.315
Апрель	0.270	Декабрь	0.412

⁷⁶ О содержании иода в водорослях из морей Союза см., помимо указанных выше, еще у Иванова (1927); Зиновой (1928); Марциновского, Нисемана, Магидзона и др.

⁷⁷ С января по июнь – 1932 г., остальные месяцы – 1931 г.

Максимум иода, золы и Сl отмечается с января по апрель, минимум – с июня по июль. Максимум спорообразования отмечается с июля по август.

Usui, Sukegawa, Matumoto (1936) наблюдали изменения в содержании иода в двух видах водорослей из Японского моря: *Turbinaria fusiformis* и *Ecklonia bicyclis*. В *Turbinaria* максимум содержания иода приходится на февраль – март, что совпадает с периодом максимального спорообразования. В *Ecklonia* кривая содержаний иода носит другой характер: в марте – апреле отмечается минимум, а максимум зафиксирован в декабре – январе.

Ведринский (1938а) наблюдал следующие сезонные изменения в содержании иода в *Laminaria* из Белого моря (в % сухого вещества):

	<i>L. saccharina</i>	<i>L. digitata</i>		<i>L. saccharina</i>	<i>L. digitata</i>
Январь	0.93	–	Июль	0.19	0.26
Февраль	–	–	Август	0.17	0.18
Март	–	0.68	Сентябрь	0.19	0.20
Апрель	–	0.67	Октябрь	0.30	0.30
Май	0.23	0.42	Ноябрь	0.78	0.75
Июнь	0.20	0.27	Декабрь	0.80	0.78

Таблица 48
Содержание I в *Phaeophyceae* в течение года (в % сухого вещества)

Водоросли	Месяцы							Автор
	I–III	IV	V	VI	VII	VIII	IX–XII	
<i>Laminaria bullata</i> (молодая)	–	–	–	0.27	–	0.06	–	Cameron, 1915
<i>L. saccharina</i>	–	–	–	0.206	–	0.156	–	Тот же
	–	–	–	0.078	–	0.176	–	"
	0.605	–	–	–	0.712	0.760	0.468	Freundler, Ménager, 1922
<i>L. flexicaulis</i>	0.738	–	–	–	0.826	0.782	–	Тот же
<i>L. cloustonii</i>	0.455	–	–	–	0.571	–	0.502	"
<i>L. lejollisii</i>	0.546	–	–	–	0.756	–	0.568	"
<i>Fucus furcatus</i>	–	–	–	0.042	–	0.015	–	Cameron, 1915
<i>F. evanescens</i>	–	–	–	0.028	–	0.016	–	Тот же
<i>Nereocystis luetkeana</i>								
лист	–	–	0.272	0.250	–	0.079	–	"
стебель	–	–	0.305	0.133	–	0.065	–	"
<i>Cystoseira discors</i> *	–	–	0.0064	–	–	0.0068	–	Scurti, 1906
<i>Sargassum linifolium</i> *	–	–	–	0.0054	–	0.0029	–	Тот же
<i>Ecklonia cava</i>								
старый стебель	0.118	0.118	0.147	0.255	0.216	0.142	0.267	Японское бюро рыбных промыслов (Smith, 1904)

Таблица 48 (окончание)

Водоросли	Месяцы							Автор
	I–III	IV	V	VI	VII	VIII	IX–XII	
старый лист	0.101	0.114	0.076	0.294	0.294	0.142	0.592	Тот же
<i>E. bicyclis</i>	0.178	–	0.202	0.348	–	–	0.155	Okuda, Eto, 1916

*Неаполитанский залив.

В *Laminaria* с тихоокеанского побережья максимальное содержание иода отмечается в течение периода созревания спор или немного раньше. Gail (1930) обнаружил для некоторых видов водорослей второй максимум в содержании иода ранней весной.

Таким образом, количество иода в различных водорослях в течение года зависит не только от наступления весны в море (Okuda, Eto, 1916), но также определяется и видом водорослей (Kemp, 1862); более того, вариации содержания иода зависят от периода максимального роста, когда образуются споры и идет размножение. Однако об изменениях в содержании иода в водорослях в течение года пока еще нельзя говорить с достаточной определенностью.

В отдельных частях водорослей, особенно у *Laminariaceae*, более высоко морфологически дифференцированных, еще Sarghathi (1834), Anderson (1855), Allary (1881), Wille (1899), Struve и многие другие отмечали большое содержание иода в пластинках листа *Laminaria* в сравнении со стеблем (табл. 49). Это было также отмечено и в других видах водорослей⁷⁸.

Таблица 49
Содержание иода в разных частях *Phaeorhysaeae*
(в % сухого вещества)

Водоросли	Листовые пластинки	Стебли	Автор
<i>Laminaria digitata</i>	0.2946	0.4535	Stanford, 1877
	0.137	0.209	Anderson, 1855
	0.084	0.113	Tunmann, 1907
	0.19	0.59	Eschle, 1897
	0.094	0.084	Hendrick, 1916
	0.36	0.92	Lunde, Closs, 1930
	0.051	0.0765	Albert, Krause, 1919
	0.452	0.416	Бруевич, Трофимов, Гартман, 1933
<i>L. lejolisii</i>	0.76	0.56	Albert, Krauser, 1919
<i>L. saccharina</i>	0.56	0.46	Те же
<i>L. saccharina</i>	0.446	0.301	Бруевич, Трофимов, Гартман, 1933
<i>L. flexicaulis*</i>	0.74	0.58	Те же
<i>L. cloustonii</i>	0.755	0.57	Freundler, Ménager, 1922
<i>L. hyperborea</i>	0.7346	0.6603	Albert, Krauser, 1919
<i>Nereocystis luetkeana</i>	0.2550	0.248	Cameron, 1915

*Семь анализов.

⁷⁸ Rinck и Brouardel (1949) обнаружили, что соседние полоски одного и того же листа на площади 5 см² различаются по содержанию иода на 25%.

Kylin (1929) в свежих *Laminaria* находил обратное соотношение (см. также Michaelis, 1878). Вердинский (1938б) определил следующее содержание иода в различных частях водорослей (в % сухого вещества):

	<i>L. saccharina</i>	<i>L. digitata</i>
Стебель	0.26	0.256
Конус роста	0.37	0.38
Листовая пластина	0.18	0.144

У гигантских водорослей большого различия в содержании иода в листовых пластинках и стеблях не отмечается – см. Balch (1909), Parker, Lindemuth (1913), Burd (1915) и др. То же в разных частях Fucaceae – см. Kylin (1929). По данным Kylin, область точки роста наиболее богата у *Laminaria* иодом. Возраст водорослей также оказывает влияние на содержание иода (табл. 50).

Более молодые водоросли богаче иодом. Известны обратные указания. Однако здесь нужно учитывать время сбора водорослей.

Вопрос о том, в каком виде иод находится в водорослях, до сих пор дискутируется. Потеря иода при длительном хранении водорослей была замечена еще промышленниками [Thiercelen (1880); Pellieux, Allary (1880) и др.]. Эта потеря происходит и во время лежания водорослей на берегу. Частично иод вымывается водой атмосферных осадков.

Из *Laminaria*, всегда нормально обитающих под водой, иод вымывается почти весь с первого промывания (90%), а, например, из *Ascophyllum*, известную часть жизни находящегося вне воды (во время отлива), иод вымывается очень трудно (75% через 7 дней) и т. п. (табл. 51).

Таблица 50
Содержание иода в молодых и старых водорослях
Phaeophyceae (в % сухого вещества)

Водоросли	Молодые	Старые	Автор
<i>Laminaria digitata</i>	0.122	0.057	Allary, 1881
<i>L. saccharina</i>	0.652 ¹	0.451 ²	Freundler, Ménager, 1922
<i>Ecklonia cava</i>	0.084	0.076 ³	Японское бюро рыбных промыслов (см. Smith, 1904)

¹ В мае.
² Без спор.
³ Спороносные.

Таблица 51
Извлечение иода из водорослей путем промывания водой, %

Продолжительность промывания	<i>Laminaria dig.</i>	<i>Ascophyllum nod.</i>	Продолжительность промывания	<i>Laminaria digitata</i>	<i>Ascophyllum nodosum</i>
В начале опыта	0.528	0.060	2 дня	0.023	0.019
	0.057	0.051	3 "	0.021	0.019
Промывание 3 ч	0.020	0.040	4 "	0.022	0.018
	0.021	0.032	5 "	0.020	0.017
	0.023	0.025	6 "	0.019	0.016
	0.020	0.024	7 "	0.021	0.013

Еще Dorvault (1850) считал, что иод в водорослях находится в виде солей HI, главным образом KI. Это мнение разделяли многие другие, например: Pellieux, Allary (1880); Itallie (1889); Oswald (1911); Segers-Laureys (1913); Kylin (1929) и Kay (1929). Согласно им, иод в водорослях находится в неорганической форме и в таком виде переходит в воду.

Freundler (1924a) считал, что иод связан в водорослях с рубидием, и высказал по этому поводу ряд обоснованных соображений⁷⁹. Eschle (1897) указывал на нахождение органических соединений иода в водорослях. Okuda и Eto (1916) исследовали *Ecklonia* и считают, что главная часть иода связана в органическом комплексе, например, в *Ecklonia bicyclis* от 50 до 80% связанного органического иода. См. также Weis (1903) о *Fucus vesiculosus*.

Большинство современных исследователей допускают нахождение иода в водорослях в обеих формах, причем у разных видов отношение иода неорганический/органический может быть различным и, как показали многие, иод может переходить из одной формы в другую [см. Akuda, Eto (1916); Fellenberg (1924); Lelièvre, Ménager (1924); Freundler (1925b); Kylin (1929); Lunde, Closs (1930); Closs (1931)]. Трофимов (1933) нашел в водорослях *Laminaria saccharina* и *Laminaria digitata* более 60% минерального иода. Обе эти формы соединений иода хорошо переходят в водные и другие растворители. Так, Lunde, Closs (1930) нашли в разных частях *Laminaria digitata* следующие качества иода в разных формах (в % к общему иоду):

Части водорослей	Водный раствор	Спиртоводный	Иодид	Связан с кальциевым соединением	Связка с альгиновой кислотой	Остаток
Стебель	89.2	96.4	89.4	(0.5)	(3.3)	(2.1)
Листья	89.9	93.0	(36.0)	1.1	2.2	3.7
Ризоиды	58.1	61.5	49.2	4.4	7.0	27.1

Характер органического соединения иода, по Okuda и Eto (1916), которые получили похожие фракции для *Ecklonia bicyclis*, – не протеиновый. Однако Тогу (1933) пришел к заключению о том, что в водорослях нерастворимый в спирте иод связан с протеином; в *Laminaria ochotensis*, в которой общее количество иода равно 0.345%, он обнаружил следующее (в % от количества общего иода):

Иод, растворимый в спирте	94.26	Иод, нерастворимый в спирте	5.735
Иод, нерастворимый в спирте и не образующий соединения с протеином	1.02	Иод, образующий соединения с протеином	4.714

Более того, Тогу (1933) определил, что соединение иода с протеином встречается в форме диодтирозина, но он не смог его выделить⁸⁰. Tsukamoto и Furukawa (см. Okuda, Eto, 1916) считают, что иод связан с ненасыщенными кислотами. Были высказаны взгляды о связи иода в водорослях с углеводами.

В новую фазу вступил вопрос о потере иода водорослями после указания Голленкина (1895) и Robertson (1897) на потерю водорослями элементарного иода *Bonnemaisonia asparagoides* и др., но преимущественно красными водорослями. Это явление было открыто при помощи реакции с крахмальной бумагой. Вскоре

⁷⁹ Однако это точка зрения неприемлема.

⁸⁰ Roche и Lafon (1949a) обнаружили диодтирозин в *Laminaria flexicaulis* и *Laminaria saccharina*.

ряд авторов подтвердили эти наблюдения, главным образом работавшие с водорослями с французских берегов, – Sauvageau (1925), Mangenot (1928). Dangeard (1928) провел целый ряд опытов, показавших наличие в водорослях способности при жизни выделять иод в виде элементарного иода. Иод (в виде иодида) в водорослях находили более всего в особых клетках эпителия⁸¹ (в так называемых *vacuole iodique*). Отсюда он мог теряться путем улетучивания в виде элементарного иода (“volatilisation”). Dangeard в многочисленных качественных определениях указал, что потеря происходит заметнее других у Laminariaceae, Rhodophyceae – водорослей, богатых иодом⁸². Однако взгляды Dangeard (1928) не были приняты другими. Многие авторы, особенно Kylin (1929); Chemin (1928a, b); Chemin, Legendre (1926), а затем Lunde, Closs (1936) и др., повторяя опыты Dangeard, не могли получить аналогичных результатов.

Chemin (1928a, b) и др. высказали соображения, что образование свободного иода связано с изменением среды в водорослях, например подкислением (особенно при их травме). Имея в виду открытия Gertz (1926) иодоксидазы в водорослях (расщепляет соли HI с выделением иода), некоторые авторы считали вероятным участие окислительных элементов в освобождении иода, например, – Kylin (1929); Dillon (1929); Lunde, Closs (1930) считали, что освобождение иода в водорослях идет без участия ферментов. В качестве окислителей⁸³ допускали влияние O₂, O₃ и т. д. Suneson (1932), работавший с водорослями шведского берега, повторил опыты на водорослях французского берега. Оказалось, что водоросли с французского берега теряют иод, а водоросли со шведского берега его не теряют (или ничтожно мало). Автор склонен видеть вместе с Kylin (1929) причину развития поведения водорослей в различии условий существования, а именно водоросли с французских берегов (вообще более богаты иодом, чем водоросли шведских берегов) существуют в условиях большой приливо-отливной волны, в связи с этим у этих водорослей происходят изменения проницаемости клеточных оболочек, способствующие освобождению иод-оксидазы.

Таким образом, потерю свободного иода водорослями нужно считать доказанной.

По характеру связи иода в водорослях, той легкости, с которой он может быть открыт, Kylin (1929) различает три группы водорослей. К 1-й группе он относит водоросли, содержащие иод в виде солей HI, легко обнаруживаемых. Это большинство Rhodophyceae (*Bonnemaisonia*, *Trailliella*, *Falkenbergia*). 2-я группа также содержит почти исключительно иодиды – *Laminaria* и др. Наконец, 3-я, по мнению Kylin, содержит иод в органических соединениях (*Sphacelaria*).

Излагая несколько подробнее о нахождении свободного иода в водорослях, мы хотели показать, что, во-первых, иод в водорослях находится в различных соединениях и, во-вторых, что характер соединений I у разных видов водорослей различен, причем иногда при одинаковом содержании I в них (например, *Laminaria* и *Sphacelaria*)⁸⁴.

⁸¹ См. Tunmann (1907).

⁸² Lelièvre, Ménager (1924) не нашли летучих соединений иода. Denigès, Chelle извлекали иод из водоросли непосредственно органическими растворителями.

⁸³ См. Lami (1930), Kay (1929).

⁸⁴ Roche, Lafon (1949a) обнаружили, что 1.55% протеина в *Laminaria flexicaitilis* и *Laminaria saccharina* следует отнести к диодтирозину. Masuda (1935), очевидно, обнаружил триоацетальдегид в морских водорослях.

15. Иод в Rhodophyceae

Качественное определение иода в Rhodophyceae было сделано одновременно с нахождением его в бурых водорослях (в 20-х гг. XIX в.): в *Sphaerococcus*, *Gracilariae*, *Fucus atylaceus* и др. См. Davy (1914); Bley (1832); Herzog, Grosse, Winkler; Wanneberg, Kreyssig, Riegel (1853); Pasquier (1843) и Itallie (1889) в *Rhodomenia palmata*. С количественной стороны красные водоросли изучены на иод меньше, чем бурые. Это и понятно: они не служили источником для промышленного добывания иода, будучи небольшими по размерам, обитая на больших глубинах, чем бурые. Однако за последние годы на них было обращено особое внимание. Среди них действительно оказались виды, богатые иодом. Принято было считать, что по богатству иодом красные водоросли стоят на втором месте (Scurti, 1906; и др.). Smeton (1914) обратил внимание на богатство иодом *Nitorhyllium ripense* и *N. violaceum*.

В 1914 г. Л. Писаржевский и Аверкиев открыли в Черном море новую в отношении богатства иодом водоросль – багрянку (*Phyllophora rubens*⁸⁵). Наконец, другими авторами – Кулин (1929); Виноградов, Бергман (1938) – было указано на ряд новых, обогащенных иодом, видов Rhodophyceae. Аналитические данные для Rhodophyceae приведены в таблицах 52, 53.

Таблица 52
Содержание иода в Rhodophyceae

Водоросли	Число анализов	Иод, в % живого вещества	Иод, в % сухого вещества	Иод, в % золь	Место сбора	Автор
<i>Porphyra laciniata</i>	–	–	0.0085	–	Нью Брансуик, Канада	Butler, 1931
<i>P. umbilicalis</i>	–	0.0008	–	–	Кристинеберг, Швеция	Кулин, 1929
<i>P. vulgaris (laciniata)</i>	4	–	0.009	–	Нанаймо, Канада	Smeton, 1914
					Helminthocladiaaceae	
<i>Nematium multifidum</i>	–	–	–	–	Кристинеберг, Швеция	Кулин, 1929
<i>N. verruculata</i>	4	–	0.0013	–	Ману Бэй, Япония	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>Gelidium amansii</i>	–	–	0.092	–	Нанаймо, Канада	Smeton, 1914
<i>G. amansii</i>	2	–	0.0135	–	Морская биол. станция Сето, Япония	McClendon, Takeo Imai, 1933

⁸⁵ *Phyllophora rubens* – разновидность *peruvosa*.

Полное собрание трудов академика А. П. Виноградова.
Том 1. «Химический элементарный состав организмов моря»

Таблица 52 (продолжение)

Водоросли	Число анализов	Иод, в % животного вещества	Иод, в % сухого вещества	Иод, в % зола	Место сбора	Автор
<i>G. japonicum</i>	2	—	0.0215	—	То же	Те же
<i>G. subcostatum</i>	2	—	0.032	—	Мапу Бэй, Япония	„
<i>G. sp.</i>	2	—	0.075	—	То же	„
<i>Prionitis lyalii</i>	—	—	0.043	—	Тихоокеанское побережье Канады	Sameton, 1914
<i>Furcellaria fastigiata</i>	0.0012	—	—	—	Кристинберг, Швеция	Kuulin, 1929
—	—	—	Следы	—	Ла-Манш, Франция	Vincent, 1924
—	—	—	—	0.06	Балтийское море, Швеция	Weibull, 1917.
—	—	—	—	—	Gigartinales	—
<i>Chondrus crispus</i>	0.0018	—	—	—	Кристинберг, Швеция	Kuulin, 1929
—	0.0069	—	—	—	Кольский залив, Баренцево море	Виноградов, Бергман, 1938
—	—	0.0765	—	0.3	о-в Гельголанд	Albert, Krause, 1919
—	—	—	0.736	—	Новая Шотландия, Канада,	Butler, 1931
—	—	—	—	—	Атлантический океан	—
—	—	—	0.009	—	Нанаймо, Канада	Sameton, 1914
<i>Chondrus ocellatus</i>	2	—	0.0023	—	Мапу Бэй, Япония	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>Ch. sp.</i>	6	—	0.0045	—	То же	Те же
<i>Gigartina radula</i>	—	—	Следы	—	Калифорния, США	Turrentine, 1912
—	—	—	0.006	—	Нанаймо, Канада	Sameton, 1914
<i>G. spinosa</i>	3	—	Следы	—	Калифорния, США	Turrentine, 1912
<i>G. mammillosa</i>	—	—	0.016	—	Нанаймо, Канада	Sameton, 1914
—	—	—	0.1237	—	Новая Шотландия, Канада,	Butler, 1931
—	—	—	—	—	Атлантический океан	—
<i>Iridaea (Dilsea) edulis</i>	0.0083	—	—	—	Кристинберг, Швеция	Kuulin, 1929
<i>I. laminarioides</i>	2	—	0.036	—	Саппоро, о-в Хоккайдо,	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>Phyllophora rubens</i>	33	—	0.27	0.65	Япония	Аверкиев, 1915
—	—	—	—	1.31	Черное море	Аверкиев, 1928
—	—	—	—	—	—	—

Таблица 52 (продолжение)

Водоросли	Число анализов	Иод, в % живого вещества	Иод, в % сухого вещества	Иод, в % зола	Место сбора	Автор
<i>Ph. brodiaei</i>	22	—	0.457	—	Черное море	Комаровский, Тольпина, Фишер, 1934
<i>Halosaccion ramentaceum</i>	2	0.026	—	—	Кольский залив, Баренцево море	Виноградов, Бергман, 1938
	2	0.0033	—	—	То же	То же
<i>H. glandiforme</i>	—	—	0.029	—	Нью-Брансуик, Канада	Butler, 1931
	—	—	Следы	—	Аляска и Калифорния, США	Turrentine, 1912
<i>Gymnogongrus furcellatus</i>	—	—	0.006	—	Нанаймо, Канада	Sameton, 1914
<i>Constantinea sitchensis</i>	—	—	0.015	—	Ману Бэй, Япония	McClendon, Takeo Imai, 1933
	—	—	0.019	—	Тихоокеанское побережье Канады	Sameton, 1914
<i>Gracilaria</i> sp.	—	—	0.023	—	Sphaerosocassaeae	Dixit, 1930
<i>Hypnea</i> sp.	2	—	0.085	—	Оха, Индийский океан	McClendon, Takeo Imai, 1933
	—	—	—	—	Морская биол. станция Сето, Япония	
<i>Rhodomenia palmata</i>	—	0.012	0.081	—	Бретань, Франция	Vincent, 1924
	—	0.0008	—	—	Кристинаберг, Швеция	Kylin, 1929
	—	—	0.712 (!)	—	?	Stanford, 1877
	2	0.0009	—	—	Кольский залив, Баренцево море	Виноградов, Бергман, 1938
	—	—	0.021	—	Иоканга-губа, Мурманское побережье	Бруевич, Трофимов, Гартман, 1933
	2	—	0.0231	—	Нью Брансуик, Канада	Butler, 1931
<i>Rh. (linearis)</i>	—	—	(0.122)	—	Тихоокеанское побережье Канады	Sameton, 1914
<i>Euthora fruticulosa</i>	—	—	0	—	Аляска	Turrentine, 1912
<i>Chylocladia wrightii</i>	2	—	0.053	—	Нанаймо, Канада	Sameton, 1914
	—	—	0.0012	—	Ману Бэй, Япония	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>Ch. champia parvula</i>	2	—	0.0017	—	Морская биол. станция Сето, Япония	—

Таблица 52 (продолжение)

Водоросли	Число анализов	Иод, в % живого вещества	Иод, в % сухого вещества	Иод, в % золы	Место сбора	Автор
					<i>Delesseriaceae</i>	
<i>Delesseria sanguinea</i>		0.0015	—	—	Кристинберг, Швеция	Kuĭlin, 1929
<i>D. sinuosa</i>		0.011	—	—	Кольский залив, Баренцево Море	Виноградов, Бергман, 1939
		0.0036	—	—	Кристинберг, Швеция	Kuĭlin, 1929
<i>Lomentaria clavellosa</i>		0	0	—	То же	То же
<i>Nitophyllum gurechiticum</i>		—	0.158	—	Нанаймо, Канада	Sameton, 1914
<i>N. violaceum</i>		—	0.127	—	Нанаймо, Канада	ISameton, 914
<i>N. punctatum</i>		—	Следы	—	Бретань, Франция	Vincent, 1924
					<i>Rhodomeleaceae</i>	
<i>Prodromela pinastroides</i>		—	0.038	—	—	Stanford, 1877
		0.012	0.071	—	Бретань, Франция	Vincent, 1924
<i>Rh. subfusca</i>		0.0018	—	—	Кристинберг, Швеция	Kuĭlin, 1929
<i>Rh. virgata</i>		0.0015	—	—	То же	То же
<i>Rh. larix</i>		—	0.014	—	Нанаймо, Канада	Sameton, 1914
<i>Rh. sp.</i>	2	—	0.0205	—	Саппоро, о-в Хоккайдо, Япония	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>Polysiphonia urceolata</i>		0.0056	—	—	Кристинберг, Швеция	Kuĭlin, 1929
<i>P. violaceae</i>		0.0048	—	—	То же	То же
<i>P. elongata</i>		0.002	—	—	„	„
<i>P. nigrescens</i>		0.001	—	—	„	„
<i>P. tenuisiriata</i>		—	0.009	—	Нанаймо, Канада	Sameton, 1915
<i>P. tubulata</i>		—	0.007	—	То же	То же
<i>Odonthalia dentata</i>		0.009	—	—	Кристинберг, Швеция	Kuĭlin, 1929
		0.010	—	—	Кольский залив, Баренцево море	Виноградов, Бергман, 1938
		—	0.078	—	Онежский залив, Белое море	Бруевич, Трофимов, Гартман, 1933
<i>O. cotymbifera</i>	2	—	0.043	—	Саппоро, о-в Хоккайдо, Япония	McClendon, Takeo Imai, 1933

Таблица 52 (продолжение)

Водоросли	Число анализов	Иод, в % живого вещества	Иод, в % сухого вещества	Иод, в % зола	Место сбора	Автор
<i>Laurencia pinnatifida</i>		0	—	—	Западный берег Швеции	Kuylin, 1929
<i>L. sp.</i>	4	—	0.046	—	Малу Бэй, Япония	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>Brongniartella byssoides</i>		0.0036	—	—	Кристинеберг, Швеция	Kuylin, 1929
<i>Seramitium rubrum</i>		0.0009	—	—	Кристинеберг, Швеция	Kuylin, 1929
		0.0038	—	—	Кольский залив, Баренцево море	Виноградов, Бергман, 1938
<i>Seramitium rubrum</i>		—	—	Следы	О-в Гельголанд	Albert, Krause, 1919
		—	Следы	—	Балтийское море	Vibrans, 1873
<i>Ptilota plumosa</i>		0.06	—	—	Кристинеберг, Швеция	Kuylin, 1929
	2	0.042	—	—	Кольский залив, Баренцево море	Виноградов, Бергман, 1938
	2	—	0.23	—	О-в Карагинский, Берингово море	Трейман, 1931
		—	0.40	—	Мурманское побережье, Иоканга-губа	Бруевич, Трофимов, Гартман, 1933
<i>P. rectinata</i>		—	0.285	—	Саппоро, о-в Хоккайдо, Япония	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>Antithamium plumula</i>	2	0	—	—	Кристинеберг, Швеция	Kuylin, 1929
<i>Asparagopsis sanfordiana</i>		—	0.092	—	Оха, Индийский океан	Dixit, 1930
<i>Cystoclonium purpurescens</i>		0.0021	—	—	Кристинеберг, Швеция	Kuylin, 1929
<i>Eucheuma papulosa</i>	2	—	0.0035	—	Морская биол. станция Сето, Япония	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>Tichoscarpus crinitus</i>	2	—	0.0056	—	Саппоро, о-в Хоккайдо, Япония	Тот же
<i>Solteria chordalis</i>		0.024	0.158	—	Ла-Манш, Франция	Vincent, 1924
<i>Halymenia sp.</i>		—	0.035	—	Оха, Индийский океан	Dixit, 1930
<i>Schizymenia dubyi</i>	2	—	0.0011	—	Малу Бэй, Япония	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>Grateloupia affinis</i>	2	—	0.0037	—	То же	То же
<i>G. filicina</i>	2	—	0.0021	—	„	„

Таблица 52 (окончание)

Водоросли	Число анализов	Иод, в % живого вещества	Иод, в % сухого вещества	Иод, в % зола	Место сбора	Автор
<i>G. divaricata</i>	—	—	0.0075	—	„	„
<i>G. ligulata</i>	2	—	0.0067	—	„	„
<i>G. sp.</i>	—	—	0.0310	—	Морская биол. станция Сето, Япония	„
<i>Chondrosocus hortemanni</i>	2	—	0.0105	—	Phizorphyllidaceae Морская биол. станция Сето, Япония	„
<i>Porphyides rotundus*</i>	—	—	—	—	Sporangiograceae	—
Мурманское побережье, Паньгама-губа	Бруевич, Трофимов, Гартман, 1933	0.0017	—	—	Кристинеберг, Швеция	Kuulin, 1929
		0.0017	—	—	Кольский залив, Баренцево море	Виноградов, Бергман, 1938
		—	0.012	—	Двинский залив	—
<i>Corallina officinalis</i>	—	—	—	—	Corallinales	—
<i>C. sp.</i>	3	—	0.005	—	Канада, Тихоокеанское побережье	Sametop, 1914
<i>Atrichia sp.</i>	4	—	0.0033	—	Маяу Бэй, Япония	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>Sheilosporium sp.</i>	—	—	0.0071	—	То же	Те же
	—	—	0.0067	—	Морская биол. станция Сето, Япония	„

*Относятся к Gelidaceae.

Таблица 53
Иод в Rhodophyceae (современные данные)

Водоросли	% сухого вещества	% золы	Место сбора	Автор
<i>Rhodomela larix</i>	0.042	—	Приморье, Дальний Восток	Kiesewetter, 1936
<i>Rhodymenia</i> sp.	0.031	—	То же	Тот же
<i>Callymenia</i> sp.	0.070	—	"	"
<i>Porphyra</i> sp.	0.062	—	"	"
<i>P. tenera</i>	0.0018	—	Китайское море	Adolf, Whang, 1932
<i>P. suborhiculata</i>	0.0021	—	То же	Tang, Whang, 1935
<i>Ptilota pectinata</i>	0.240	—	Приморье, Дальний Восток	Kiesewetter, 1936
<i>Iridaea</i> sp.	0.092	—	То же	Лебедев, 1936
	0.036	—	"	Тот же
<i>I. laminarioides</i>	0.0024	0.015	США	Ellegood, 1939
<i>Phyllophora</i> sp.	0.58	—	Приморье, Дальний Восток	Лебедев, 1936
<i>Ph. interrupta</i>	Следы	—	Белое море	Муравьев, 1935
	0.451*	—	Приморье, Дальний Восток	Ведринский, 1938a
<i>Ahnfeltia plicata</i>	0.126	—	То же	Kiesewetter, 1936
	0.035	—	Белое море	Тот же
	0.73	—	То же	Муравьев, 1935
<i>Gloeopeltis</i> sp.	0.0072	—	Китайское море	Tang, Chang, 1935
	0.0053	—	То же	Tang, Whang, 1935
<i>Gloeopeltis furcata</i>	0.0029	—	"	Tang, Chang, 1935
	0.0033	—	"	Те же
<i>Gelidium divaricatum</i>	0.026	—	"	"
	0.0242	—	"	Tang, Whang, 1935
<i>G. amansii</i>	0.16	—	"	Tang, Chang, 1935
	0.1776	—	"	Tang, Whang, 1935
	0.047	—	"	Tang, Chang, 1935
	0.0231	—	"	Те же
<i>Digenea simplex</i>	0.026	—	"	Tang, Whang, 1935
	0.0588	—	"	Tang, Chang, 1935
<i>Gracilaria confervoides</i>	0.0018	—	"	Те же
<i>Corallina pilulifera</i>	0.0155	—	"	"
<i>Eucheuma gelatina</i>	0.0009	—	"	"
<i>E. muricatum</i>	0.0024	—	"	"
<i>Chondrus</i> sp.	0.0357	—	"	"
<i>Polysiphonia</i> sp.	0.044	—	О-в Памбан, Индийский океан	Narasimham, Pal, 1939
<i>Turnerella</i> sp. (май)	0.056	—	Приморье, Дальний Восток	Kiesewetter, 1936
<i>T.</i> sp. (июнь)	0.032	—	То же	Тот же
(август)	0.062	—	"	"
<i>Furcellaria</i> sp.	0.081	—	"	Ведринский, 1938a

*Максимум.

Из этих таблиц нетрудно выделить группу Rhodophyceae, богатых иодом, и вторую – с обычным его содержанием. К первой группе можно отнести:

<i>Phyllophora rubens</i>	Черное море
<i>P. brodiaei</i>	Баренцево море
<i>P. interrupta</i>	Тихий океан
<i>Trailliella intricata</i>	Атлантический океан, Норвегия
<i>Ptilota plumosa</i>	Тихий океан, Баренцево море
<i>P. pectinata</i>	Тихий океан
<i>Nitophyllum rupestris</i>	Тихий океан, Америка
<i>N. violaceum</i>	Тихий океан, Америка
<i>Solieria chordalis</i>	Атлантический океан, Франция

Исключительно высокое содержание иода показывает *Trailliella*. Все виды, отнесенные по содержанию иода к 1-й группе при различных исследованиях на иод, обращали внимание многих авторов. Еще ранее, чем был количественно определен иод в них, Kylin (1929), Chemin (1929), Dangeard показали гистохимически, что в *Trailliella*, в частности, много иода и он особенно легко здесь открывается (находится в особых клетках эпителия). Kylin (1929) отнес ее к своей группе по характеру содержания иода (главным образом иодида), он же, в частности, указал, что *Trailliella*, взятая в гавани Кристиенберга, содержит меньше иода (0.13%), чем из открытого моря. Интересно отметить, что *Trailliella* – частный эпифит на *Phyllophora*, которая, в свою очередь, эпифитирует на *Laminaria*. Все это богатые иодом водоросли.

Phyllophora из Черного моря, как из открытого моря, так и из прибрежной полосы, были исследованы в многочисленных анализах Л. Писаржевским и Аверкиевым, а качественно – Dangeard (Франция), показавшими богатство ее иодом, и др.⁸⁶

Но наблюдения Муравьева, указавшие на небольшое содержание иода в *Phyllophora interrupta* из Белого моря, не соответствуют данным многих исследователей, которые показали, что все виды *Phyllophora* из разных морей исключительно богаты иодом. Ведринский (1938a), исследуя те же водоросли из Белого моря, нашел, что они содержат большие количества иода по сравнению с другими водорослями (см. табл. 53).

Phyllophora также менее богата иодом в прибрежной зоне, например, в золе *Phyllophora rubens* из моря было найдено до 2.82% иода, а в золе из водоросли, взятой в бухте, – <0.5⁸⁷. *Phyllophora rubens* залегает на глубине 6–60 м у дна Черного моря, образуя так называемое филлофорное поле. Как теперь выяснилось, *Phyllophora* не прикрепляется ко дну, а в силу своего удельного веса, по-видимому, держится около дна, перемещаясь целыми полями с одного места на другое (см. В. Липский, 1931). Подобные же поля-заросли красных водорослей образуют и другие виды, богатые иодом, например, *Ptilota plumosa* в Северном море, на тихоокеанском побережье и т. п.

Phyllophora brodiaei из Кольского залива, по нашим определениям, содержит иод одного порядка с местными *Laminaria*. *Ptilota plumosa* из четырех различных

⁸⁶ Molish (1926) при качественных пробах не нашел иода в *Phyllophora rubens*, но у него не было, по-видимому, уверенности, что он имел дело с этим видом (*Phyllophora rub?*).

⁸⁷ Максимум иода в золе *Phyllophora* – 3.5%. Аверкиев (1928) дает в среднем 1.32%. По данным из сбора экспедиций 1927 г. – 0.72%, сборы 1915 г. (частью из заливов) – в среднем 0.65% и в 1916 г. (из заливов) – в среднем 0.2%. Многочисленные данные о содержании иода в *Phyllophora* из Черного моря см. у Опоцкого (1934).

мест – одинаково богата иодом. В ней легко иод открывается гистохимически, качественно. Однако в *Nitophyllum punctatum* Vencent (1924) указывает лишь следы иода. Dixit (1930) обнаружил, что среди разных водорослей наиболее богатой иодом оказалась *Asparogopsis*. Sauvageau (1926b), Kylin (1929) также относят ее к богатым иодом Rhodophyceae, подобно *Trilliella* и др. *Plumaria elongata*, по качественным пробам Kylin (1929), также богата иодом. Еще ранее Molisch (1926) отметил *Plumaria* как единственную богатую иодом багрянку из ряда других исследованных им водорослей. Dangeard качественно указывает на значительное количество в *Plumaria* иода, как и в ряде других Rhodophyceae. Однако список видов Rhodophyceae, богатых иодом, далеко не полон, поскольку количественные определения для многих Rhodophyceae неизвестны. Следовательно, наверняка среди них будет еще открыто много видов, богатых иодом⁸⁸.

Следует напомнить, что впервые именно для Rhodophyceae была указана потеря элементарного иода [Golenkin (1895), Robertson (1897)], а также так называемой иодоксидазы (Gertz, 1926). Все это вместе указывает на богатство указанных видов иодом. Многими авторами, о чем мы уже говорили выше, было обращено внимание на легкость открытия иода в *Trilliella*, *Plumaria*, *Ptilota*⁸⁹ и т. д. Иод, по-видимому, в них находится главным образом в форме иодитов. Более высокие, по некоторым авторам, чем средние числа иода, например, у *Rhodymenia palmata* (Vincent, 1924; Butler, 1931), носят единичный характер. Из анализов золы этих водорослей выясняется одновременно увеличение Cl и щелочей (см. то же и для *Soliera*). Чем больше хлоридов, тем относительно больше в Rhodophyceae и иода, независимо от степени обычного содержания иода данным видом.

Ко второй группе видов Rhodophyceae относится большинство – со средним содержанием иода около 0.01% в сухом веществе. Наиболее бедные иодом оказываются *Halosaccion*, *Polyides*, *Chondrus crispus* (в связи с условием обитания изменяется содержание иода) и др. – все это виды, обитающие в литорали и в зоне приливов.

Этот биоценоз красных водорослей с малым содержанием иода может быть для наглядности противопоставлен другому биоценозу красных водорослей, богатых иодом, представленному видами *Trilliella*, *Phyllophora*, *Ptilota* и т. д., обитающими в сублиторальной зоне. Здесь, как и для Phaeophyceae, сохраняясь в известной мере правило, что чем глубже водоросли обитают, тем они богаче иодом. Однако существуют исключения, усугубляющие значение иода как видового признака вне зависимости от общих условий обитания. Так, например, *Polysiphonia*, *Porphyra* и др., *Bangiales*, *Gracilariaceae*⁹⁰ и др., живущие нередко вместе с водорослями первой группы, бедны иодом. В распределении иода в ряде видов Rhodophyceae, как и Phaeophyceae, наблюдается одна и та же закономерность, как бы известный параллелизм. Как в том, так и в другом классе все водоросли содержат иод, но в разных количествах; и в Rhodophyceae, и в Phaeophyceae имеются семейства (или роды), богатые иодом: *Phyllophora*, *Trilliella*, *Ptilota*, с одной стороны, и семейства Laminariaceae, Lessonioideae – с другой. Наконец, среди них выделяются роды или виды с исключительной способностью концентрировать иод: *Laminaria digitata*, *Phyllophora rubens* и т. д. Rhodophyceae, склонные к накоплению CaCO₃, и типичные магнезиально-кальциевые Corallinaceae (2-й и 3-й группы по содержа-

⁸⁸ Варакин (1924) в неизвестных красных водорослях с мурманского берега находил 0.044% иода в свежих водорослях (0.66% в золе), т. е. столько же, как и в местных *Laminaria*.

⁸⁹ Так же и *Ptilota asplenioides*.

⁹⁰ Качественно иод указан в 15–20 видах Rhodophyceae, помимо вышеназванных.

нию в них CaCO_3) содержат мало иода. Так, например, в *Laurencia pinnatifida* Kylin не нашел иода. В других видах иод был указан качественно (Vincent, 1924; и др.).

Fujikawa, Kitayama (1935) обнаружили, что *Porphyra tenera* с берегов Кореи содержат максимум иода в декабре, затем с середины января его количество уменьшается. Максимум иода отмечается во время образования спор. Kiesewetter (1936a) обнаружил следующие количества иода в *Porphyra* с берегов Приморья (Дальний Восток) (в % сухого вещества): декабрь – 0.137; январь – 0.059; февраль – 0.027; март – 0.000.

В заключение мы должны признать, что среди Rhodophyceae существуют виды (и роды), исключительно богатые иодом, подобно *Laminaria* из Rhaeophyceae. Поскольку Rhodophyceae представлены в теплых морях многочисленными видами, можно высказать предположение, что они здесь являются главными концентраторами иода, замещая отсутствующих в этих широтах *Laminaria*.

16. Иод в Chlorophyceae

Среди Chlorophyceae видов с большим содержанием иода, по сравнению с его обычным нахождением в водорослях (порядка 0.01% в сухом веществе), не находим. Chlorophyceae стоят, таким образом, по содержанию иода на последнем месте (см. Суанопhyceae). Содержание иода в них равно содержанию его в видах бурых и красных водорослей, которые мы относили к группе бедных иодом. Но все же они богаче иодом наземной флоры во много раз. Качественные данные см. у Courtois (1813), Davy (1814a, 1814b), Fyfe (1819, 1820), Straub (1820), Sarphati (1834, в *Solenia* и *Ulva*), Henry (1844, в *Conferva*), Chatin (1850a, b, в пресноводной *Conferva crispata*), Petter (1862, *Cladophora glomerata*) и Dangeard, который качественно показал значительные количества иода в *Bryopsis hypnoides* и *B. plumosa*. Количественных данных немного. McClendon, Takeo Imai (1933) нашли исключительно богатую иодом *Codium intricatum*, тогда как другие виды из Codiaceae содержали его значительно меньше – в сотни раз.

Возникает новый вопрос: каково содержание иода в тех Chlorophyceae, таких как *Cladophora* и *Vaucheria*, которые живут не только в море, но и в соленых опресненных и в пресных бассейнах суши? В таблицах 54, 55 приведены некоторые данные по этому поводу.

Таблица 54
Содержание иода в Chlorophyceae

Водоросли	Число анализов	Иод, в % живого вещества	Иод, в % сухого вещества	Место сбора	Автор
Ulvaeae					
<i>Enteromorpha compressa</i> (2)	2	–	0.006	Нанаймо, Канада	Cameron, 1914
		–	Следы	Ла-Манш, берег Бретани, Франция	Vincent, 1924
		–	0.0007	Мацу Бэй, Япония	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>E. intestinalis</i>		–	0.0026	То же	Те же
<i>E. linza</i>			0.02	Нанаймо, Канада	Cameron, 1915a
<i>Ulva lactuca</i>		0	–	Кристинеберг, Швеция	Kylin, 1929

Таблица 54 (окончание)

Водоросли	Число анализов	Иод, в % живого вещества	Иод, в % сухого вещества	Место сбора	Автор
		–	0.055	–	Sarphati, 1834
<i>U. (v. latissima)</i>		–	0.021	Нанаймо, Канада	Cameron, 1914
<i>U. (rigida)</i>	2	–	0.008	То же	Cameron, 1915a
		–	0.003	Ла-Манш, берег Бретани, Франция	Vincent, 1924
<i>U. congolobata</i>	2	–	0.0022	Морская биол. станция Сето, Япония	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>Monostroma fuscum</i>	6	–	0.008	Нанаймо, Канада	Cameron, 1914–1915
		0.0008	–	Кольский залив, Баренцево море	Виноградов, Бергман, 1933
Codiaceae					
<i>Codium fragile v. californicum</i>		–	0.003	Нанаймо, Канада	Cameron, 1915a
<i>C. mucronatum</i>	2	–	0.0007	Мацу Бэй, вблизи Асамуси, Япония	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>C. cylindricum</i>	2	–	0.0045	Морская биол. станция Мисаки, Япония	Те же
<i>C. mammosum</i>	2	–	0.020	То же	"
<i>C. intricatum</i>	2	–	0.146	"	"
Cladophoraceae					
<i>Cladophora rupestris</i>		0.027	–	Кристинеберг, Швеция	Kylin, 1929
<i>C. sericea</i>		0	–	То же	Тот же
<i>C. stimpsonii</i>		–	0.009	Нанаймо, Канада	Cameron, 1914
<i>C. wrightiana</i>	2	–	0.061	Морская биол. станция Мисаки, Япония	McClendon, Takeo Imai, 1933
<i>C. glaucescens</i>	2	–	0.002	Мацу Бэй, Япония	Те же
<i>C. sp.</i>		–	0.0014	То же	"
<i>C. glomerata*</i>		–	0.023	–	Zenger, 1875
<i>C. fragilis*</i>		–	0.00098	–	Guatier, 1899a
<i>Acrosiphonia pallida</i>		0.0021	–	Кристинеберг, Швеция	Kylin, 1929

* Пресноводные.

Таблица 55
Содержание иода в Chlorophyceae (современные данные)

Водоросли	Иод, в % сухого вещества	Место сбора	Автор
<i>Ulva lactuca</i>	0.0031	Китайское море	Tang, Whang, 1935
	0.004	То же	Те же
	0.0033	"	Tang, Kou, Tang, 1936
<i>Enteromorpha tubulosa</i>	0.0054	"	Tang, Chang, 1935

Таблица 55 (окончание)

Водоросли	Иод, в % сухого вещества	Место сбора	Автор
<i>Enteromorpha prolifera</i>	0.0054	"	Тот же
<i>Enteromorpha linza</i>	0.0224	"	Tang, Kou, Tang, 1936
<i>Codium fragile</i>	0.0067	"	"
<i>Monostroma</i> sp.	0.0016	"	"
(Akiaki)	0.041	Гавайские острова	Ripperton, 1934
(Alaula)	0.013	То же	Тот же
(Eleele)	0.0006	"	"
(Huluhuunaena)	0.015	"	"
(Huka)	0.0002	"	"
(Kala)	0.048	"	"
(Kohu)	0.0005	"	"
(Lipeepee)	0.013	"	"
(Lipoa)	0.0085	"	"
(Manaula)	0.0148	"	"
(Opihi)	0.0089	"	"
(Palahalaha)	0.0005	"	"

Так, например, *Vaucheria dichotoma f. marina* из Тамбуканского соленого озера⁹¹ содержала $1.3 \cdot 10^{-2}\%$ иода на сухое вещество, извлекая его из воды озера (Будрик, 1927). С другой стороны, *Vaucheria* из Ааре, по Fellenberg (1924), содержала $3 \cdot 10^{-4}\%$ иода в воздушно-сухом веществе, что значительно больше, чем другие пресноводные водоросли⁹². При этом водоросли в пресных водоемах (в частности, зеленые) вообще богаче иодом, чем водные цветковые растения. См. анализы Zenger (1875) пресноводных водорослей и других растений. Отсюда как будто бы следует, что развитие этих водорослей связано с известным нахождением иода в водоеме.

17. Бром в водорослях

Бром был открыт А.Ж. Валард в 1826 г. в морских продуктах (в выпаренном остатке морской воды и т. п.), а вскоре и в золе водорослей – *Fucus* и др. Таким образом, открытие брома было сделано через 13 лет после открытия иода Courtois (1813) в море и, в частности, в золе водорослей. Но если для иода мы вскоре имели довольно ясную картину распределения в природе и, в частности, в море и в морских организмах, для брома в этом отношении сделано до сих пор очень мало. История Вг в море далеко не изучена. Брома в морской воде в 1000 раз больше, чем иода, а между тем концентраторов его среди морских организмов, подобно тому, как это известно для иода, найдено немного. Мы имеем в виду те же *Alcyonaria* и отчасти губки (из *Silicospongiae*), т. е. организмы, богатые иодом. Все морские организмы богаче бромом, нежели организмы наземные. В то же время все организмы (как суши, так и морские) богаче бромом, нежели иодом, за исключением организмов – концентраторов иода, нами уже указанных: некоторых видов губок, некоторых *Alcyonaria*, водорослей и немногих других организмов (табл. 56).

⁹¹ Озеро соленое, содержит в воде $10^{-4}\%$ иода.

⁹² По Fellenberg, в *Protococcus viridis* содержится $2 \cdot 10^{-4}\%$ иода; в пресноводной *Spirogyra* – $3 \cdot 10^{-5}\%$ иода. Gautier (1899a) для пресноводных водорослей давал еще более высокие числа для иода.

Таблица 56
Содержание Br в породах, воде, организмах в море и на суше (в % вещества)

	Суша	Море
Воздух	$n \cdot 10^{-6}$	$n \cdot 10^{-5}$ (γ/м ³)
Вода	$n \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-3}$
Горные породы	$n \cdot 10^{-4}$	—
Почвы (и илы)	$n \cdot 10^{-4}$	$n \cdot 10^{-3}$
Растения (и водоросли в море)	$n \cdot 10^{-4}$	$>10^{-3}$
Животные	$n \cdot 10^{-4}$	$n \cdot 10^{-3}$
Гипофиз животных	$n \cdot 10^{-2}$	$n \cdot 10^{-2}$

Физиологическая роль брома, находящегося в организмах, неизвестна⁹³. Распределение его в отдельных организмах, в частности морских, как это мы видели, далеко не изучено. История брома в море в целом напоминает такую же, как и для иода. Но из отмеченного нами факта обогащения иодом грунтов моря (при участии организмов) и необогащения их Br (относительно содержания Br в морской воде) следует, что геохимическая история этих галоидов имеет свои собственные черты.

Водоросли, вероятно, все содержат Br в том или ином количестве. Вскоре после Balard (1826) бром был указан многими исследователями в водорослях: Winkler – в *Fucus amylaceus*; Herzog – в *Gracilaria* (= *Sphaerococcus confervoides*; Magin-Bonnet – в *Rhodomenia palmata*. Natterer (1895, 1899) изучал влияние водорослей на содержание Br в морской воде; имеются также отдельные пробы у Nathanson (1906), Pasquier (1843), Pribram, Grosse.

Качественно бром отмечался еще, кроме того, Gödechens (1845) в *Ascophyllum nodosum*; Лясота – в *Laminaria*. Kylin (1939) указывает Br в *Trilliella intricata*, *Polysiphonia urceolata*, *P. violacea*, *P. elongata*, *P. brodiaei*, *P. nigrescens*, *Brongniartella byssoides*, *Rhodomela subfusca*, *R. virgata*, *Odonthalia dentata*, *Desmarestia aculeata*, *Bonnemaisonia*, *Antithamnion*. Doherty (1918) указывает его в *Esklonia radiata*; Souvageau (1925a, b) – в видах *Antithamnion*; Калищев (1926) и Oshima (1902) – в *Laminaria saccharina*⁹⁴. Sundwik (1903, 1904) указал, что бром присутствует также в водорослях Балтийского моря. В вареке с Тихоокеанского побережья Америки находили 0.28% Br (и 0.61% иода); Cuniasse (1900) в различных сортах варека (Франция) находил от 0.192 до 0.478% Br (и 0.60%–1.408% иода).

Хотя систематических количественных определений брома не было сделано, давно установилось мнение, что водоросли содержат брома меньше, нежели иода, примерно в 5–10 раз [Moride (1866); Gauthier de Claubry (1815)]. Указанное заключение покоится на единичных определениях брома и, как мы сейчас увидим, не всегда верно.

В современных работах постоянно качественно отмечается нахождение брома в водорослях наряду с иодом. При сравнении содержания брома в отдельных видах водорослей с содержанием в них иода, отмечаются некоторые особенности распределения брома (табл. 57).

⁹³ Наибольшее количество Br у Vertebrata находится в гипофизе; допускают в настоящее время существование Br-органического комплекса, имеющего отношение к физиологии сна. В настоящее время в Биогеохимической лаборатории Академии наук СССР ведутся систематические исследования по распространению Br.

⁹⁴ Cohn (1877) нашел в вареке 0.05% Br; см. Galloway (1833) и Stine. Мы всегда находили Br в водорослях из Баренцева моря.

Таблица 57
Содержание Вг в разных водорослях

Водоросли	% сухого вещества	% золы	Автор
Phaeophyceae			
<i>Laminaria sacharina</i>	0.034	0.25	Marchand, 1865
	–	0.46	Vibrans, 1873
	–	0.15	(из лаб. Североиод), 1933
<i>Laminaria digitata</i>	0.138	0.77	Marchand, 1865
	–	0.45	(из лаб. Североиод), 1933
<i>Fucus vesiculosus</i>	0.094	0.62	Marchand, 1865
	–	0.682	Marsson, 1851
(?)	–	0.22	(из лаб. Североиод), 1933
		0.32	Vibrans, 1873
	–	0.682	Fordos, Gelin
<i>Fucus serratus</i>	–	Следы	Vibrans, 1873
	0.186	1.07	Marchand, 1865
<i>Halidrys siliquosus</i>	0.073	0.65	Тот же
<i>Cystoseira barbata</i>	0.098	0.61	Шкателов, 1917
<i>Desmarestia</i> sp.	–	0.68	(из лаб. Североиод), 1933
Rhodophyceae			
<i>Odonthalia dentata</i>	Около 3.0!	–	Трофимов, 1933

Во-первых, содержание брома во всех ныне исследованных водорослях колеблется примерно от 10^{-3} до $10^{-9}\%$ на живую водоросль, причем большинство водорослей (Phaeophyceae и Rhodophyceae) содержат примерно одинаковые количества (0.5–1.0%) брома в золе. Нет того разнообразия в содержании брома, которое наблюдается для иода. Несмотря на небольшое количество анализов, мы в дальнейшем должны ждать не снижения цифры для брома в водорослях, а, может быть, повышения, так как в морской воде мы имеем $6 \cdot 10^{-3}\%$ брома. Во-вторых, его концентрация в водорослях (сравнительно с содержанием Вг в морской воде) не превышает, как правило, десятка раз (иод – в 10^5 раз!). В-третьих, не было замечено большого различия в содержании брома в водорослях в зависимости от зоны обитания данных видов. Наконец, ничего нельзя сказать пока о видовых различиях по содержанию брома. Можно лишь отметить, что водоросли с большим содержанием иода, как, например, все *Laminaria*, содержат брома (сравнительно с иодом) меньше, тогда как Fucaceae имеют одинаковые количества Вг и иода и часто даже больше Вг (см. анализы Marsson (1851); Marchand (1865); Frisby (1880); Шкателова (1917) и др.). Очень вероятно, что отношение Вг/И может быть постоянно и характерно для данного вида.

С известным основанием можно высказать допущение, что среди Rhodophyceae могут оказаться относительно богатые Вг виды, например, *Odonthalia dentata*, содержащая значительные количества Вг. Некоторые красные водоросли способны отщеплять иод (в виде элементарного иода), содержащийся в них в значительных количествах; нечто аналогичное найдено было и по отношению Вг у тех же Rhodophyceae. Sauvageau (1925a, b) впервые отметил накопление свободного брома (который может быть открыт реакцией с флуоресцеином) в вакуольных клетках у видов родов *Antithamnion*, *Antithamnionella*⁹⁵. Dornielle, Ollivier (1927, 1928), а за-

⁹⁵ *Antithamnion plumata*, *Antithamnionella refractum*, *A. boreale*, *A. pylaisacei*, *A. butleriae*, *A. samiensis*.

тем и другие нашли это явление у ряда видов других родов, особенно у *Ceramium*: *C. rubrum*, *C. circinatum*, *C. diaphanum*, *C. strictum*, *C. elegans*, *C. tenuissimum*, *C. bussoideum* в определенных клетках водорослей⁹⁶. Kylin допускает, что бром частично может быть связан с органическим комплексом, например, у *Polysiphonia* и некоторых других Rhodomelaceae, так как он не извлекается в этих случаях H₂O. Обычно считают, что бром находится в водорослях в виде солей HBr.

Таблица 58
Содержание Br в водорослях Кольского залива (в % живого вещества)

Водоросли	Число анализов	Br
Chlorophyceae		
<i>Monostroma fuscum</i>	2	0.017
<i>Enteromorpha intestinalis</i>		0.0031
Phaeophyceae		
<i>Laminaria digitata</i>	2	0.05
<i>L. saccharina</i>	2	0.032
<i>Desmarestia aculeata</i>		0.044
<i>Alaria esculenta</i>		0.022
<i>Chorda filum</i>		0.025
<i>Ascophyllum nodosum</i>	2	0.017
<i>Fucus serratus</i>	3	0.016
<i>vesiculosus</i>	3	0.010
<i>inflatus</i>	3	0.015
Rhodophyceae		
<i>Halosaccion ramentaceum</i>		0.0188
<i>Rhodymenia palmata</i>	3	0.011
<i>Turnerella pennyi</i>		0.019
<i>Delesseria sinuosa</i>		0.0256
<i>Ptilota pectinata</i>	2	0.061
<i>Polysiphonia fastigiata</i>		0.053
<i>Odonthalia dentata</i>	3	0.674

Таблица 59
Содержание Br в водорослях, современные данные
(в % сухого вещества)

Водоросли	Br	Место сбора	Автор
<i>Scytosiphon lomentaris</i>	0.081	Японское море	Neufeld, 1936
<i>Nereocystis luetkeana</i>	0.143	То же	Тот же
<i>Macrocystis pyrifera</i>	0.080	"	"
<i>Fucus furcatus</i>	0.0585	"	"
<i>Euthora fruticulosa</i>	0.0875	"	"
<i>Constantinea sitchensis</i>	0.0435	"	"
<i>Laminaria japonica</i>	0.07	"	"
	0.04	Тихий океан (СССР)	Kiesewetter, 1936

⁹⁶ В области точки роста. См. Sauvageau (1926a, b), Olliver (1927, 1928), Kylin (1929).

Таблица 59 (окончание)

Водоросли	Вг	Место сбора	Автор
<i>L. longissima</i>	0.078	Японское море	Neufeld, 1936
<i>L. ochotensis</i>	0.04	То же	Тот же
<i>L. saccharina</i>	0.05	Белое море	Ведринский, 1938б
<i>L. digitata</i>	0.12	То же	Тот же
<i>Callymenia</i> sp.	0.01	Тихий океан (СССР)	Kiesewetter, 1936
<i>Rhodomela larix</i>	0.04	То же	Тот же
<i>Ptilota pectinata</i>	0.04	"	"
<i>Turnerella</i> sp.	0.02	"	"

Детально распределение брома в частях водорослей и изменение его содержания по сезонам не изучались.

О содержании брома в Chlorophyceae известно мало. Вероятно, это наиболее бедные бромом, как и иодом, водоросли. Данные исследований А.М. Симорина⁹⁷ по содержанию Вг в водорослях Кольского залива приведены в таблице 58. Neufeld (1936) дал ряд недавних определений Вг для морских организмов, в том числе и для водорослей (см. табл. 59), совместно с некоторыми данными других авторов, таких как Kiesewetter (1936), который определил Вг в растворимых солях водорослей. Все данные пересчитаны в процентах сухого вещества. В целом эти данные по содержанию Вг согласуются с приведенными ранее наблюдениями. Никаких новых концентратов Вг среди морских водорослей не обнаружено, но интересно отметить высокое содержание Вг в пресноводной *Cladophora sauterrii* из Московской области. Л.С. Селиванов (1939) обнаружил 10⁻³% Вг в живом веществе, хотя пресноводные организмы обычно содержат 10⁻⁴%, в то время как вода озер и прудов содержит 10⁻⁶% Вг. Эта способность концентрировать элемент, очевидно, свидетельствует о морском происхождении *Cladophora sauterrii*.

Чрезвычайно важно выяснить отношение Вг/І в большом числе водорослей, так как из приведенных выше примеров можно ожидать, что многие водоросли будут организмами, концентрирующими скорее Вг, чем иод. В этом направлении следует искать дифференциацию видов по содержанию галоидов.

18. Мышьяк в водорослях

Сложилось убеждение, что водоросли значительно богаче мышьяком, чем наземные растения. Мы должны заметить, что не только водоросли, но и все другие организмы моря богаче наземных организмов мышьяком. Следующие таблицы 60, 61, 62 это иллюстрируют.

Максимальная концентрация мышьяка была найдена в печени морских рыб (в жире из печени, например, трески и др.). Аналитических данных все же недостаточно. Их мало и для водорослей.

Marcelet (1913) считал, что количество мышьяка в водорослях не пропорционально хлорофиллу в них, т. е. обратно тому, что известно для наземных растений по работам Jadin, Astruc (1912).

В известном согласии с этими наблюдениями стоят данные, полученные Read, Now (1927) для водорослей, употребляемых в медицине (в Китае). У последних

⁹⁷ Неопубликованные данные (прим. ред.).

авторов наиболее богаты As водоросли были одновременно богаты и иодом. Как мы теперь знаем, иодом богаты Phaeophyceae и большей частью Rhodophyceae, но не Chlorophyceae.

Зеленые водоросли содержат (по Marcelet, 1913) наименьшее количество мышьяка⁹⁸. Мы должны отметить, что относительно богатыми As оказывались (например, у того же автора) водоросли, концентрирующие CaCO₃, такие как *Jania*, *Laurencia* (*Wrangelia*) и вообще все Rhodophyceae – виды теплых вод. Характер соединения мышьяка в них, как и в различных морских организмах, неизвестен. Gautier (1902), а затем и другие считали, что мышьяк находится в виде мышьякорганического соединения. As постоянно находили в агаре.

В пресноводных водорослях его меньше, чем в морских. Fellenberg (1929) нашел в них в 10 раз меньше As, чем в “kombu”.

Таблица 60
Содержание As в породах, в воде и организмах суши и моря (%)

Объект	Суша	Море
Вода	<10 ⁻⁷	1.5 · 10 ⁻⁶
Горные породы	<10 ⁻⁵	–
Почва (в море илы)	n · 10 ⁻⁴	10 ^{-3?}
Растения	n · 10 ⁻⁶	>n · 10 ⁻⁵
Животные	n · 10 ⁻⁶	>n · 10 ⁻⁵

Таблица 61
Содержание As в различных водорослях (в мг на 100 г сухого вещества)

Водоросли	Число анализов	As	Автор
Phaeophyceae			
<i>Laminaria digitata</i>		0.05	Tassily, Leroide, 1911
		0.028	Gautier, 1902
<i>L. saccharina</i>		0.01	Tassily, Leroide, 1911
<i>L. japonica</i>		2.60	Read, How, 1927
<i>L. religiosa</i>		2.50	Те же
<i>Sargassum siliquastrum</i>		0.50	Read, How, 1927
“Kombu”		2.01	Fellenberg, 1929
“Nori”		3.01	Тот же
<i>Fucus vesiculosus</i>		0.159	Gautier, 1902
		0.01	Tassily, Leroide, 1911
<i>F. serratus</i>		0.082	Gautier, 1902
		0.082	Marcelet, 1913
<i>Ascophyllum nodosum</i>		0.005	Тот же
<i>Padina pavonia</i>		0.09	"
<i>Cystoseira</i> sp.	2	0.04	"
Rhodophyceae			
<i>Halopitys pinastroides</i>		0.02	Marcelet, 1913

⁹⁸ Atkins и Wilson (1927) высказали соображение о частичной замене P на As у морских водорослей. См. их опыт о влиянии As на пресноводные Chlorophyceae и данные Read, How (1927) и Gautier (1902).

Таблица 61 (окончание)

Водоросли	Число анализов	As	Автор
<i>Jania rubens</i>		0.3	Тот же
<i>Wrangelia penicillata</i>		0.4	"
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>		0.4	"
<i>Laurencia obtusa</i>		0.5	"
<i>Chondrus crispus</i>		0.07	Tassily, Leroide, 1911
		1.2	Chapman, 1926
		0.90	LaWall, Harrison, 1934
<i>Alsidium helminthochorton</i>		0.025	Tassily, Leroide, 1911
	Chlorophyceae		
<i>Ulva lactuca</i>	2	0.015	Marcelet, 1913
<i>Cladophora utriculosa</i>		0.08	Тот же
		0.008	Gautier, 1902

Таблица 62
Содержание As в водорослях

Водоросли	As в мг на 100 г живого вещества	As в мг на 100 г сухого вещества	Место сбора	Автор
<i>Halidrys siliquosa</i>	–	3.0	Англия	Jones, 1922
<i>Fucus nodosus</i>	–	4.5	"	Тот же
<i>F. vesiculosus</i>	–	6.0	"	"
<i>F. serratus</i>	–	6.7	"	"
<i>Laminaria saccharina</i>	–	5.55	"	"
<i>L. digitata</i>	–	9.5	"	"
<i>L. sp.</i>	–	3.085	Бухта Преображения, Японское море	Shtenberg, 1939
<i>Enteromorpha compressa</i>	–	1.2	Англия	Jones, 1922
<i>Plocamium coccineum</i>	–	0.75	"	"
<i>Ulva latissima</i>	–	0.60	"	"
<i>Gigartina mammilosa*</i>	–	1.8	"	"
<i>Chondrus crispus</i>	–	0.5	"	"
(Ирландский мох)	0.63	–	"	W.B. White, 1933
<i>Macrocystis pyrifera</i>	–	5.8	Мыс Кемпбелл, Новая Зеландия	Wilson, Fieldes, 1942
	–	1.73	Калифорния, США	Gorgy, Rakestraw, Fox, 1948

*Три определения.

19. Кремний и алюминий в Rhaeophyceae, Rhodophyceae и Chlorophyceae

Содержание кремния. Как видно из таблиц 17, 27 и 35, содержание SiO₂ в этих водорослях достигает обычно около 1% в золе. Имея в виду, что часто в анализах на SiO₂ показывается и песок, количество Si в этих водорослях и того меньше. Числа,

наименьшие для Si, более верны⁹⁹. Иными словами, Si не играет здесь какой-либо большой роли. Corallinaceae, по анализам Clarke, Wheeler (1922), содержат Si от 0.02 до 2.82% в сухом веществе. Известны указания о более высоком содержании Si, например, у Lipmann, Shelley (1924) для *Lithophyllum proboscideum*. Наблюдения единичны и, вероятно, объясняются присутствием Si-содержащих включений, посторонних водорослям, таких как песок, губки, диатомовые и др. [см. Gonnermann (1917, 1919) и более ранние анализы]. Авторы не отделяли SiO₂ тканей водорослей от SiO₂ посторонних включений. Следует считать вероятным нахождение SiO₂ в золе названных водорослей не более $n \cdot 10^{-10}$ %.

Содержание алюминия. Вопрос о нахождении алюминия в морских водорослях не получил достаточного освещения. Все, что известно по этому поводу, позволяет думать, что мы здесь можем натолкнуться в дальнейшем на ряд интересных научных факторов. Al, как известно, в морской воде (в растворе в виде ионов Al³⁺) <10⁻⁶%. Подобно тому, как гидрофитные растения суши содержат относительно большие количества Al, так и морские водоросли не представляют в этом смысле исключения, но даже обогащены алюминием в еще большей степени. Очень часто в анализах дается сумма Al₂O₃ ÷ Fe₂O₃, что практически не указывает содержания в водорослях ни Al, ни Fe. Поэтому подобные данные, имеющиеся у многочисленных авторов (см. таблицу полных анализов водорослей), мы не можем использовать. Определений же Al отдельно от железа немного. Они единично имеются у Petter (1862), Matsui (1916d), Gonnermann (1917, 1919), Lipman, Shelley (1924), Vincent (1924), Будрик (1927) и Stoklasa (1922), который специально занимался вопросом об Al в растениях вообще¹⁰⁰. Данные последнего автора представляют интерес, и мы их приводим (одновременно с данным для Fe в таблице 63). Качественно Kratzmann (1913) нашел Al в *Gelidium*, *Fucus* и других водорослях. В водорослях больше Al, чем Fe, в то время как у наземных растений это соотношение обратное. Минимальное содержание алюминия (для наземных растений) у так называемых ксерофитов и мезофитов. Его больше у других представителей суши, как мы упоминали выше, а именно у гидрофитов, особенно у Lусородиасеae. Водоросли принадлежат по содержанию алюминия к группе типичных гидрофитов. Представители всех трех классов водорослей одинаково богаты Al (часто в 10–20 раз превышает содержание Fe!). Лишь *Oedogonium* (пресноводная!) и *Ulva*, принадлежащие к Chlorophyceae, как исключение, содержат Al меньше других водорослей. Все другие из Chlorophyceae и даже те, которые концентрируют CaCO₃ (например, *Halimeda*), относительно богаты алюминием. По Lipmann, Shelley (1924), в магниезально-известковых водорослях – *Lithothamnium* – содержание Al₂O₃ в золе значительно меньше, чем, например, в *Lithophyllum proboscideum* – 0.89%, *L. kaiseri* – 0.29%, *Porolithon oncodes* – 0.22%. Walther (1885) указывает до 3.61% Al₂O₃ при значительно меньшем содержании Fe₂O₃.

Meunier (1935) определил Al посредством усовершенствованного метода, представляющего особенный интерес. Его данные, по сравнению с данными Stoklasa и др., не показывают очень высокого содержания Al в водорослях, которые не концентрируют¹⁰¹ Ca.

⁹⁹ Содержание водорослями SiO₂ 5% и более следует считать в лучшем случае непроверенным. Разделение кремнезема посторонних включений от кремнезема тканей организма (нерастворимый SiO₂ и растворимый SiO₂) представляет аналитические трудности.

¹⁰⁰ К сожалению, методика определения Al недостаточно описана им.

¹⁰¹ Wilson and Fields (1942) обнаружили 0.010% Al в сухой *Marcocystis pyrifera* с мыса Кемпбелл (Новая Зеландия). Данные всех анализов, в которых содержание Al превышает эту цифру, следует признать ненадежными до тех пор, пока не будет получено соответствующих подтверждений с помощью современных методов.

Al, в % сухого вещества	
<i>Caulerpa prolifera</i>	0.0046
<i>Laminaria flexicaulis</i>	0.0058
<i>Fucus vesiculosus</i>	0.0098
	0.0052
<i>F. platycarpus</i>	0.0040
<i>Ascophyllum nodosum</i>	0.0062

Необходимо более широкое обследование водорослей на алюминий в целях более точного выяснения его содержания в отдельных видах. Это интересно, во-первых, потому что водоросли имели непосредственное отношение к образованию квасцовых сланцев и, во-вторых, физиологическая роль алюминия в растениях и, в частности, в водорослях неизвестна. Эти исследования своевременны и потому, что в настоящее время вопрос о роли алюминия в организмах широко обсуждается (см. Hutchinson, 1943). Girol (1929) нашел Al не только в золе водорослей (*Fucus platycarpus*), но и в золе альгины из той же водоросли – до 34.75% Al_2O_3 в золе (при 15% золы в сухом альгине)¹⁰².

Таблица 63
Содержание алюминия в различных водорослях

Водоросли	Al_2O_3		Fe_2O_3		Автор
	в % сухого вещества	в % золы	в % сухого вещества	в % золы	
Phaeophyceae					
<i>Laminaria digitata</i>	0.985	5.38	0.188	1.03	Stoklasa, 1922
<i>L. cloustonii</i>	4.56	–	2.06	–	Vincent, 1924
<i>Alaria</i> sp.	1.327	8.01	0.483	2.92	Stoklasa, 1922
<i>Fucus vesiculosus</i>	1.126	6.86	0.11	0.67	Тот же
<i>Sargassum bacciferum</i>	1.512	8.03	0.084	0.45	"
Rhodophyceae					
<i>Delesseria</i> sp.	2.332	9.95	0.154	0.66	"
<i>Plocamium</i> sp.	1.352	6.65	0.187	0.92	"
<i>Camphylophora hypnaecoides</i>	0.45	–	–	–	Matsui, 1916a
<i>Gracilaria</i> sp.	0.55	–	–	–	Тот же
<i>Chondrus crispus</i> *	9.6	–	–	–	Gonnermann, 1917
Chlorophyceae					
<i>Oedogonium capillare</i>	0.259	1.640	0.109	0.69	Stoklasa, 1922
<i>Ulva lactuca</i>	0.102	0.725	0.060	0.43	Тот же
<i>Bryopsis</i> sp.	1.414	8.25	0.090	0.53	"
<i>Halimeda opuntia</i>	1.419	7.14	0.115	0.58	"
<i>Vaucheria dichotoma f. marina</i>	3.45	18.53	0.79	4.25	Будрик, 1927
* Был анализирован аптечный препарат.					

¹⁰² Зеленая окраска золы альгины, которую наблюдал Lopez Gomes (1933) и пытался найти в ней Ni, Sr, объясняется, очевидно, присутствием Mn. Он также указывает много Al_2O_3 в золах различных альгинов (до 1/3 золы).

Остается неисследованным и сам процесс накопления алюминия водорослями из морской воды, где растворимых солей алюминия следы ($n \cdot 10^{-7}\%$?). Возможно извлечение Al_2O_3 из глинистых (взвешенных в морской воде) частиц водорослями. До сих пор этот вопрос не ставился. Нельзя забывать, что водоросли, накапливающие алюминий, не накапливают кремния, за исключением диатомовых, концентрирующих кремний, многие из которых к тому же живут на Phaeophyceae и других водорослях. И тут может быть не только эпифитизм, но может иметь место и симбиоз. Следует также помнить, что концентрация алюминия относительно содержания его в воде достигает в водорослях миллиона раз! Поэтому законным является предположение об извлечении Al_2O_3 (как, может быть, и других веществ, к примеру, иода) из илов моря, что, однако, еще является недоказанным, требующим экспериментальной проверки.

20. Марганец в водорослях

В целом содержание Mn в обычных морских водорослях невелико. Forchhammer (1844) нашел в *Padina pavonia* (концентрирующая $CaCO_3$!) до 8% MnO в золе; затем Maumené (1844) нашел Mn качественно в *Fucus serratus*; Pichard (1898) – в *F. vesiculosus* и *Laminaria*. Gössl (1907) нашел мало Mn в *Porphyra vulgaris*, *Chondrus crispus*, *Sargassum vulgaris* (и в пресноводной *Zygnema stellinum*) и много в *Valonia aegagropila*, а также в пресноводных Characeae и др. Schwäger (см. Walther, 1885) нашел в *Lithothamnium* следы марганца в золе. Walther (1885), Clarke, Wheeler (1922) и Nováček (1920) качественно обнаружили присутствие марганца в *Lithothamnium*. Leitgeb (1887) нашел марганец в *Acetabularia*; Cornec (1919) – в золе *Laminaria*; Marchand (1865) – в *Fucus*; Kobza и Prát (1929) – в *Caulerpa prolifera*, *Chaetophora enudiviaefolia* и *Lemanea torulosa*¹⁰³. Систематические определения Mn в водорослях имеются у Marcelet и Vincent (табл. 64).

Таблица 64
Содержание Mn в различных водорослях (в % сухого вещества)

Водоросли	Число анализов	Mn	Авторы
Phaeophyceae			
<i>Macrocystis pyrifera</i>		0.0005	Wilson,
<i>Laminaria saccharina</i>		0.00058	Fields, 1942 Vincent, 1924
<i>Saccorhiza bulbosa</i>		0.0015	Тот же
<i>Ascophyllum nodosum</i>		0.00088	Marcelet,
<i>Fucus serratus</i>		0.0025 0.0150	1913 Тот же
<i>Cystoseira</i> sp.		0.006	”
<i>C. amentacea</i>		0.0015	”
<i>C. fibrosa</i>		0.00177	Vincent, 1924
<i>Padina pavonia</i>		0.009	Marcelet,
<i>Pelvetia</i> sp.		0.00115	1913 Vincent, 1924
<i>Chorda filum</i>		0.0025	Тот же
Rhodophyceae			
<i>Halopitys pinastroides</i>		0.0363	Marcelet,
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>		0.009	1913 Тот же

¹⁰³ См. Scheele, 1774.

Таблица 64 (окончание)

Водоросли	Число анализов	Mn	Авторы
<i>Wrangelia penicillata</i>		0.018	”
<i>Jania rubens</i>		0.020	”
<i>Corallina officinalis</i>		0.00225	”
<i>Lithothamnium glaciale</i>		0.0087	”
<i>Rhodymenia palmata</i>		0.00125	Vincent, 1924
<i>Nitophyllum punctatum</i>		0.0075	Тот же
<i>Gigartina mammilosa</i>		0.0130	Öy, 1940
	Chlorophyceae		
<i>Ulva lactuca</i>	2	0.0025	Marcelet,
<i>Codium tornentosum</i>	2	0.0080	1913 Тот же
<i>Enteromorpha</i> sp.		0.00285	Vincent, 1924

John (1814) приводил первое качественное определение Mn в *Fucus vesiculosus*, а Fransis исследовал содержание Mn в *Hildenbrandtia*. Webb (1937) обнаружил 0.01% Mn в золе *Ulva lactuca*, 0.1% – в *Fucus serratus* и 0.005% – в *Sacchoriza bulhosa*. Опоцкий, Погребинская и Тюльпина (1934) определили содержание марганца в черноморской *Phyllophora* – от 0.01 до 0.31% (!) Mn в сухом веществе, что, как нам кажется, должно быть проверено.

Согласно Marcelet (1913), Corallinaceae содержат до 0.02% Mn на сухое вещество, что значительно, имея в виду, что половину сухого вещества Corallinaceae составляет зольный остаток, главным образом CaCO₃ (см. содержание Mn в *Padina pavonia*). Отсюда Mn в рифтовых известняках (ср. содержание Mn в других организмах-рифтообразователях)¹⁰⁴. Данные Vincent (1924) лишь несколько ниже, чем у Marcelet (1913). Известно, что в засушливое время года прибрежные известковые водоросли извлекают окислы марганца (см. Howe, 1932, район Фернисс, Крик, Западная Вирджиния). Babička (1936) проанализировал *Padina pavonia* с о-ва Раб и оказалось, что зола содержит значительное количество Mn – около 7.45% Mn₂O₃. Хотя порядок содержания в водорослях Mn и Fe один и тот же, несколько преобладает Fe, напоминая эти отношения в пресноводных растениях. Но абсолютное содержание Mn в водорослях моря, за малым исключением, ниже, чем в наземной растительности и, в частности, водной, особо богатой Mn. В этом сказываются различия распределения Mn между морскими организмами и наземными [См. Успенский (1922б, 1924) о *Vaucheria*, которая, по-видимому, накапливает Mn].

21. Железо в водорослях

Из таблиц 17, 27 и 35 можно составить лишь первое представление о порядке содержания Fe в водорослях, так как, во-первых, не всегда авторы указывают об отделении Fe от Al, поэтому возможно, что в некоторых случаях дана сумма Fe₂O₃ ÷ Al₂O₃. Там, где была явно дана сумма этих окислов, мы особо оговорили это обстоятельство¹⁰⁵. Во-вторых, нужно предположить, что числа для Fe в некоторых водорослях преувеличены вследствие неисклеченного «загрязнения» в виде обитающей на водорослях микрофлоры – Cyanophyceae, Flagellata, Desmidiaceae и

¹⁰⁴ Например, в *Anadonta* и анадонтовых известняках.

¹⁰⁵ Имея в виду, что Al в водорослях больше Fe, данные для Fe без непосредственного указания на отделение Al (при анализе) должны быть приняты как очень приблизительные.

т. п., иногда особо богатой Fe. Систематически количественных определений (серий!) Fe в различных водорослях неизвестно. Помимо указанных в таблицах данных, качественно Fe было обнаружено в водорослях многими: Forchhammer (1844), Boussingault (1872a), Schneider (1888), Wille (1899). Некоторые количественные определения Fe, помимо приведенных выше, даны в таблице 65.

Обычное содержание Fe в водорослях около $n \cdot 10^{-1}\%$ в золе (или $10^{-2}\%$ на живое вещество), т. е. не больше, чем во многих сухопутных растениях, и значительно меньше, чем у большинства пресноводных растений. Водные растения всегда несколько богаче сухопутных и среди водных особенно богаты Fe(Mn) пресноводные растения, в частности те, которые ведут пелагический образ жизни. Подобное распределение Fe в организмах находит отражение и в содержании его у отдельных видов, родов и даже классов морских водорослей. Именно виды из Chlorophyceae, часть которых живет и в морской, и пресной воде, более других накапливают Fe. Из пресноводных накапливают *Cladophora*, "*Conferva*", а также многочисленные Desmidiaceae [см. Hanstein (1878), Klebs (1886), Wisselingh (1898), Molisch (1926), Höfler (1926)].

Провести строгую границу между содержанием Fe в данном виде и отложением гидратов Fe в тканях очень трудно. Существуют все переходы. Гайдуков (1905), впервые описавший отложения гидроокиси Fe в "*Conferva*", различал внешние накопления (снаружи клеток) и внутренние (внутри клеток). Другие авторы различают факультативных концентраторов и облигатных, или сидерофильные и сидерофобные организмы. Нужно сказать, что не только присутствие в среде Fe создает условие отложения Fe в водорослях, но и характер клеточного сока водорослей в смысле, например, определенного pH и т. п. также играет большую роль. Мы будем называть, как и прежде, Fe-организмами те, которые концентрируют его в сотни и тысячи раз против обычного содержания Fe в других организмах¹⁰⁶. С геохимической точки зрения это единственно верное определение. Списки железосодержащих водорослей приведены Dorbb (1934) и к этим спискам должно быть добавлено открытие Grémy (1936) синезеленой водоросли *Microcoleus ferrugineus*, способной осажать и концентрировать Fe.

Таблица 65
Содержание Fe в различных водорослях (в % сухого вещества)

Водоросли	Fe	Место сбора	Автор
<i>Laminaria japonica</i>	0.085	Китай	Reed, How, 1927
<i>L. religiosa</i>	0.149	"	Те же
<i>Sargassum siliquastum</i>	0.093	"	"

Fe в водорослях находится в виде растворимых соединений и солей, а также различных гидроокисей; последние образуют в водорослях разнообразные по виду морфологические образования. Роль пресноводных водорослей в образовании железной болотной руды общеизвестна. Для морских водорослей этот процесс неясен, хотя, как мы уже говорили, концентрация Fe у некоторых морских водорослей, и в первую очередь у Chlorophyceae, наблюдается. Отложения гидроокиси Fe в морских водорослях (помимо Суанопхусеае и других одноклеточных – см. ниже) отмечены Harder (1919), Molisch (1926) и Naumann (1930) и были предметом

¹⁰⁶ См. спор о Fe-организмах Cholodny (1928) и Naumann (1930).

специального изучения Sjöstedt (1921). Последний провел многочисленные определения на 120 видах разнообразных водорослей из Балтийского моря. Образование отложений гидроокиси Fe у разных видов идет с различной скоростью и достигает различных размеров. Так, например, они слабо развиты или их нет у *Dilsea*, *Odonthalia*, *Rhodymenia palmata*, *Ceramium*, *Delesseria*, *Polysiphonia*, т. е. главным образом у красных водорослей. Более других Fe накапливается у некоторых видов *Pilayella* (*P. littoralis*), *Sphacelaria cirrhosa*, *S. racemosa*, *Chaetopteris plumosa* и, как мы говорили, особенно сильно у Chlorophyceae (*Enteromorpha aureola*, *f. ochracea*, *E. torta*, *E. tubolosa*, *E. prolifera*, *Cladophora*, *C. rupestris*, *Diplonema* и др.). У них найдены отложения гидрата окиси Fe внутри клеток. В соответствии с этим в анализах Sestini (1877) некоторые Chlorophyceae из венецианских лагун чрезвычайно богаты Fe благодаря влиянию опреснения (см. табл. 35). Не исключена возможность участия бактерий, Суанорфусеае и т. п. в образовании Fe-отложений в указанных водорослях. Fe всегда больше в более старых образцах водорослей и меньше в молодых. Связано ли отложение гидроокиси Fe и Mn в водорослях с отложением в тех видах и CaCO₃ неясно. Molisch (1926) указывал на следы Mn в *Acetabularia mediterranea*, *Amphiroa crypt.*, *Corallina rubens*. Sjöstedt (1921) считал, что как будто бы эти процессы связаны (см. *Cladophora*, *Enteromorpha* и CaCO₃).

В результате можно сказать, что из Rhodophyceae и Phaeophyceae некоторые виды накапливают Fe; чаще его накапливают Chlorophyceae. Опреснение, по-видимому, ускоряет это явление. Для типично морских водорослей, как, например, *Laminaria*, накопление Fe не наблюдалось.

22. Содержание других элементов в водорослях (Cu, Zn, Ti, Pb, Mo, Sn, Co, Ni, Hg, Ag, Au, V, Cr, B, Bi, Sb, W, Ga, Ge, Be, Rb, Cs, Li, Sr, Ba, Tl, F и радиоактивных элементов)¹⁰⁷

Сведения о содержании других металлов в водорослях более скудны. Первые указания на нахождение Pb, Ag, Cu, Zn и др. принадлежат главным образом Malaguti, Durocher и Sarzeaud (1850) и Forchhammer (1844). Последний более широко поставил вопрос о нахождении реже встречаемых элементов в малых количествах в морских организмах и дал ряд определений для водорослей. Его наблюдения в свое время вызвали немалый интерес и положили начало дальнейшим исследованиям в этом направлении. Но все же для водорослей данных несравненно меньше, чем это известно в настоящее время для растений суши.

¹⁰⁷ Ishibarshi, Sahara (1940) определили в водоросли “wakame”, которая, согласно профессору Tatewaki, является *Undaria pinnatifida*, незначительные количества Bi, Sn, Ba, Sr и Li; в “hondawara” (*Sargassum enerve*) – умеренные количества Li и незначительные количества Hg, Bi, Sn, Ba, Sr, Rb, Ti и V; в “kuromo” (*Myriochladia kuromo*) – незначительные количества Hg, Bi, Sn, Cr, Ba, Sr, Li, Re и в “kögaimo” (*kogaichirimo* – *Pleurotaenium nodulosum*) – умеренные количества Li и незначительные количества Hg, Bi, Sn, Ba, Sr и Rb. Эти водоросли содержат соответственно 17.63; 26.67; 23.43 и 32.13% золы в сухом веществе, а K присутствовал в основном в виде окисла. Приводятся также данные по содержанию Al: 1.68; 3.52; 0.76 и 4.64% Al в золе, но эти значения кажутся завышенными; содержание Mn – соответственно – 0.04; 0.45; 0.80 и 0.68% Mn в золе. Следует отметить, что третья водоросль содержала наиболее низкое количество Al и, следовательно, загрязнена в наименьшей степени. Этот тип водоросли представляет, очевидно, первую находку рения в составе биологического объекта. Lshibashi и Sahara никак не комментируют это открытие. Они указывают, что не имели возможности определить наличие или отсутствие Ag, Cu, Zn, Pb, In, Ga, Ru, Te и W.

В каррагине из северной Франции Rosenthaler, Beck (1937a) обнаружили, помимо обычных основных компонентов золы Mn, Al, Ni и Cr и следы Li, Bi, As и Co. Sc определялся в осадке оксалата.

Медь. Malaguti, Durocher, Sarzeaud (1850), а также и Forchhammer (1844) указывали качественно на нахождение Cu в *Fucus vesiculosus*. Lehmann (1895) нашел 6 мг Cu в 1 кг сухого *Fucus crispus* (*Chondrus crispus?*); Hiltner, Wichmann (1919) нашли в неизвестных водорослях следы Cu; Cornec (1919) нашел Cu спектроскопически в *Laminaria*. То же обнаружили в келпе Newell и McCollum (1931); Webb (1937) обнаружил 0.3% Cu в золе *Ulva lactuca* и 0.003% Cu в *Fucus serratus*. По Miller, Ribbons (1936), в свежей водоросли с Гавайских островов, известной здесь под названием limu-kohi, содержалось 0.00045% Cu. Возможно, сверлящие Mollusca и Crustacea извлекают Cu из водорослей, о чем едва упоминается в работе Elmhirst и Paul (1921). Оу (1940) обнаружил от 1.1 до $1.4 \cdot 10^{-4}$ % Cu в сухом веществе *Laminaria digitata*, от 5.8 до $17 \cdot 10^{-4}$ % Cu в *Fucus serratus* и от 3.4 до $8.4 \cdot 10^{-4}$ % Cu в сухой *F. vesiculosus*. Wilson, Fieldes (1942) указали на содержание менее чем $2 \cdot 10^{-3}$ % Cu в сухом веществе *Macrocystis pyrifera*¹⁰⁸.

Цинк. Определения почти отсутствуют. Forchhammer нашел Zn в *Fucus vesiculosus* и *Zostera*. Javillier (1930) дал единственные количественные определения Zn для водорослей, а именно, он нашел в *Laminaria saccharina* 0.007% и в *Fucus vesiculosus* 0.008% Zn в золе, т. е. несколько меньше, чем это обычно находится в наземных растениях, и значительно меньше, чем в морских животных. Wilson, Fieldes (1942) обнаружили сравнимое количество – 0.003% Zn в сухом веществе *Macrocystis pyrifera*. Bertrand (1932) отмечает 0.00077% Zn в сухом агаре *Gelidium* и *Gracilaria*. Качественные определения присутствия Zn в водорослях дают Cornec (1919), Newell, McCollum (1931). Lagrange, Tchakirian (1939) спектроскопическим путем обнаружили Zn в *Lithothamnium calcareum* Zn, Mn, Cu, а также Ag, Ge, Be, Mo, Ni, Pb, Sn, Ti, V, W и As.

Титан. Спектроскопически Ti был указан в водорослях (*Laminaria*) Cornec (1919). Затем Bertrand, Voronca-Spirt (1930) определили его в ряде водорослей. В течение последних лет Ш. Каминская (1937) обнаружила постоянное присутствие Ti в морских организмах Баренцева моря. Ею также были найдены следующие количества Ti в водорослях из Баренцева моря (в % живого вещества): $5.2 \cdot 10^{-4}$ – в *Bangia fuscopurpurea*, $4.4 \cdot 10^{-4}$ – в *Fucus serratus* и $1.3 \cdot 10^{-4}$ – в *Ascophyllum nodosum* (табл. 66).

Несколько более высоким оказалось содержание Ti в *Lithothamnium*, что может осветить вопрос о нахождении Ti в некоторых известняках¹⁰⁹. Newell, McCollum (1931) качественно определили Ti в водорослях. Wilson, Fieldes (1942) не смогли идентифицировать Ti на своих спектрограммах *Macrocystis pyrifera*.

Таблица 66
 Содержание Ti в водорослях

Водоросли	В % сухого вещества	В % золы	Автор
<i>Laminaria flexicaulis</i>	$6 \cdot 10^{-4}$	$4.8 \cdot 10^{-3}$	Bertrand, Voronca-Spirt, 1930
<i>L. saccharina</i>	$5.4 \cdot 10^{-4}$	$3.64 \cdot 10^{-3}$	Те же
<i>L. digitata</i>	$2.4 \cdot 10^{-4}$	–	Каминская, 1933*
<i>Himanthalia lorea</i>	$2.4 \cdot 10^{-3}$	$7.2 \cdot 10^{-3}$	Bertrand, Voronca-Spirt, 1930
<i>Pelvetia canaliculata</i>	$6 \cdot 10^{-4}$	$2.52 \cdot 10^{-3}$	Те же

¹⁰⁸ Для пресноводных водорослей также единичные определения, см., например, Quartaroli (1928).

¹⁰⁹ Н. Влодавец находил в так называемых футлярах железобактерий 0.27% TiO в золе. Ti найден во многих других концентрирующих Fe организмах.

Таблица 66 (окончание)

Водоросли	В % сухого вещества	В % золы	Автор
<i>Ascephyllum nodosum</i>	$3 \cdot 10^{-4}$	$1.6 \cdot 10^{-3}$	"
<i>Fucus vesiculosus</i>	$9 \cdot 10^{-4}$	$3.56 \cdot 10^{-3}$	"
<i>F. platycarpus</i>	$3 \cdot 10^{-4}$	$1.04 \cdot 10^{-3}$	"
<i>F. serratus</i>	$1.8 \cdot 10^{-3}$	$1.08 \cdot 10^{-3}$	"
<i>Cystoseira fibrosa</i>	$3.9 \cdot 10^{-4}$	$9.2 \cdot 10^{-3}$	"
<i>Lithothamnium</i> sp.	$2.5 \cdot 10^{-3}$	–	Каминская, 1933*
<i>Rhodymenia palmata</i>	$5 \cdot 10^{-4}$	–	Тот же

*Неопубликованные данные.

Свинец. Malaguti, Durocher, Sarzeaud (1850) впервые нашли следующие количества Pb в водорослях:

<i>Fucus serratus</i>	}	0.0018%
<i>F. ceranoides</i>		
<i>Ascephyllum nodosum</i>		

Спектроскопические определения Webb (1937) показали 0.04% свинца в золе *Fucus serratus*. Forchhammer (1844) нашел также Pb в *Fucus vesiculosus*, а Freundler (1925) – в *Laminaria*. Известны спектроскопические находки Pb в водорослях (Cornes, 1919; Newell, McCollum, 1931). Но настоящим образом еще о распространении Pb в водорослях (и других организмах) вопрос не ставился. Указанные количественные данные необходимо проверить. Wilson, Fieldes (1942) приходят к заключению, что *Macrocystis pyrifera* содержит менее чем 0.0002% Pb в сухом веществе.

Молибден. Качественно молибден был найден Cornes (1919) в *Laminaria*. При химическом анализе золы *Laminaria digitata* и *L. saccharina* нам удалось получить качественную положительную реакцию на Mo. Ter-Meulen (1931) дал многочисленные определения Mo в растениях и других организмах суши, где порядок нахождения Mo оказался около $10^{-5}\%$. Он пытался также определить Mo в морских водорослях (название вида он не приводит), где найдено 0.16 мг Mo в 1 кг сухих водорослей, т. е. $1.6 \cdot 10^{-5}\%$ Mo в сухом веществе, тогда как в пресноводном растении *Azolla* (папоротник водный) содержалось $1.13 \cdot 10^{-4}\%$ Mo. С *Azolla* в симбиозе живет *Anabaena* (из Cyanoophyceae), которая, как известно, фиксирует азот¹¹⁰. Bortels (1930) показал, что прибавление Mo к среде, где живет *Anabaena*, усиливает фиксацию N. В 40 л морской воды¹¹¹ Ter-Meulen (1931) не мог найти Mo. Bertrand (1940) получил следующие результаты по содержанию Mo (в %) в водорослях:

	Живое вещество	Сухое вещество	Зола
<i>Pelvetia caniculatus</i>	$2 \cdot 10^{-5}$	$6.2 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-4}$
<i>Ulva latissima</i>	$1.5 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-4}$
<i>Fucus vesiculosus</i>	$1.4 \cdot 10^{-5}$	$9.6 \cdot 10^{-5}$	–

¹¹⁰ См. Allison (1932).

¹¹¹ В треске найдено $1.2 \cdot 10^{-5}$ Mo. Вода, где развивалась *Azolla*, – канал Делфт, содержала $9 \cdot 10^{-8}\%$ Mo. В углях Mo находили часто.

Кобальт и никель. Cornes (1919), Newell, McCollum (1931) проводили качественные определения как Ni, так и Co; Forchhammer (1844) также изучал эти элементы в водорослях (см. Roth, 1879–1890). Систематические определения этих элементов в морских организмах проводились Малюгой (1939) в Биогеохимической лаборатории АН СССР (табл. 67).

Водоросли имеют относительно высокое содержание Co; отношение Co/Ni достигает 1, в то время как в горных породах оно значительно ниже. Wilson и Fieldes (1942) обнаружили $3.5 \cdot 10^{-5}\%$ Co в сухом веществе *Macrocystis pyrifera*; они сообщают о содержании Ni менее чем $3 \cdot 10^{-40}\%$.

Таблица 67
 Содержание Ni и Co в водорослях (по данным Малюги, 1946)*

Водоросли**	Co, %			Ni, %		
	золы	сухого вещества	живого вещества	золы	сухого вещества	живого вещества
<i>Ulva lactuca</i>	$5.5 \cdot 10^{-4}$	$1.10 \cdot 10^{-4}$	$2.2 \cdot 10^{-5}$	$4.1 \cdot 10^{-4}$	$7.2 \cdot 10^{-5}$	$1.6 \cdot 10^{-5}$
<i>Fucus serratus</i>	$5.3 \cdot 10^{-4}$	$1.3 \cdot 10^{-4}$	$2.8 \cdot 10^{-5}$	$1.3 \cdot 10^{-3}$	$3.1 \cdot 10^{-4}$	$7.1 \cdot 10^{-5}$
<i>Ascophyllum nodosum</i>	$1.2 \cdot 10^{-4}$	$2.2 \cdot 10^{-4}$	$7.1 \cdot 10^{-6}$	$2.1 \cdot 10^{-4}$	$4.3 \cdot 10^{-5}$	$1.3 \cdot 10^{-5}$
<i>Laminaria saccharina</i>	$4.0 \cdot 10^{-4}$	$1.5 \cdot 10^{-4}$	$1.3 \cdot 10^{-5}$	$4.3 \cdot 10^{-4}$	$1.7 \cdot 10^{-4}$	$2.2 \cdot 10^{-5}$
<i>Alaria esculenta</i>	$1.7 \cdot 10^{-4}$	$4.5 \cdot 10^{-5}$	$7.8 \cdot 10^{-6}$	$1.6 \cdot 10^{-4}$	$4.2 \cdot 10^{-5}$	$7.3 \cdot 10^{-6}$
<i>Phyllaria</i>	$1.9 \cdot 10^{-4}$	$4.6 \cdot 10^{-5}$	$6.7 \cdot 10^{-6}$	$1.1 \cdot 10^{-4}$	$3.3 \cdot 10^{-5}$	$3.8 \cdot 10^{-6}$
<i>Porphyra umbilicalis</i>	–	–	–	$1.8 \cdot 10^{-3}$	$2.6 \cdot 10^{-4}$	$1.7 \cdot 10^{-5}$
<i>Laminaria digitata</i>	–	–	–	$2.9 \cdot 10^{-4}$	$8.3 \cdot 10^{-5}$	$9.9 \cdot 10^{-6}$
<i>Fucus inflatus</i>	–	–	–	$3.4 \cdot 10^{-3}$	$6.5 \cdot 10^{-4}$	$1.5 \cdot 10^{-4}$

*Эта таблица не совсем сходна с таблицей, приводимой Малюгой.

***Ulva lactuca* взята из Калифорнии, США; все остальные водоросли отобраны в Кольском заливе (Баренцево море).

Олово. Помимо указания Cornes (1919) на присутствие Sn в *Laminaria*, появилось указание у Freundler об обнаружении олова Jolibois и Bossuet в *Laminaria flexicaulis*. Freundler с соавторами (1925а) при этом высказал гипотезу о превращении иода в водорослях и появлении в них Sn, ни на чем не основанную. Определение Sn в малых количествах представляет трудную задачу и, по мнению многих исследователей, известные данные по олову (для животных организмов) преувеличены. Вопрос о характере распределения Sn в организмах вообще не привлек еще достаточного внимания. Wilson, Fieldes (1942) обнаружили $1.5 \cdot 10^{-40}\%$ Sn в сухом веществе *Macrocystis pyrifera*.

Ртуть. *Laminaria hyperborea* содержит $3.7 \cdot 10^{-60}\%$, *Fucus vesiculosus* – $2.3 \cdot 10^{-60}\%$ Hg (Raeder, Snekvik, 1941).

Серебро. В золе *Fucus vesiculosus* и *Fucus ceranoides* Malaguti, Durocher, Sarzeaud (1850) нашли до $1 \cdot 10^{-30}\%$ Ag в золе. Качественно Ag находилось неоднократно (см. Cornes, 1919; Mataichi, Yasuda; Newell, McCollum, 1931; и др.). Ag широко распространено в других организмах. Сейчас ведутся исследования в Биогеохимической лаборатории Академии наук СССР. По Haber (1927), в тонне золы водорослей со-

держится $0.7 \cdot 1.5$ г Ag, т. е. около 10^{-40} %; Wilson, Fieldes (1942) обнаружили меньше чем $2 \cdot 10^{-50}$ % в сухой *Macrocystis pyrifera*.

Золото. Как мы уже видели, в результате систематической работы по изучению распространения Au в морской воде от первых данных 5 мг в тонне Heber (1927) свел его содержание к $4.1 \cdot 10^{-40}$ %. Поэтому все более ранние определения Au преувеличены¹¹². Liversidge (1897) первый указал в водорослях Au. В 100 т кельпа он нашел 22 грана¹¹³ (т. е. $1.4 \cdot 10^{-40}$ %). В *Laminaria Cornec* (1919) указал Au спектроскопически. Другие определения для морских водорослей нам неизвестны.

Ванадий. По нашим данным, в *Laminaria digitata* содержится $5 \cdot 10^{-30}$ % V в золе. Не исключено нахождение и больших количеств V в других водорослях. Качественно ванадий указан в водорослях Cornec (1919); Nevell, McCollum (1931). Но Wilson, Fieldes не нашли V в *Macrocystis pyrifera*.

Хром. Указан в водорослях лишь спектроскопически. Спектроскопические исследования Webb (1937) показывают 0.01% Cr в золе *Fucus serratus*. Wilson и Fieldes приводят содержание Cr в сухой *Macrocystis pyrifera* менее чем $5 \cdot 10^{-50}$ %.

Бор. О нахождении В в организмах было известно довольно давно, но систематические определения почти отсутствовали¹¹⁴. В водорослях вообще определения носили случайный характер. Forchhammer (1844) нашел В в *Fucus vesiculosus*. Затем качественно В неоднократно указывался позже Hotter (1890) в *Fucus vesiculosus*, а также в 1931 г. Newell и McCollum в водорослях. Jay еще в 1896 г. нашел до 0.5% H_3BO_3 в золе *Laminaria*. Agulhon (1910) впервые произвел систематические количественные определения В, в частности, найдя В и в *Fucus vesiculosus*, и в *Laminaria*. Им правильно было указано на довольно значительное содержание В в некоторых наземных растениях, морских животных (см. ниже). Дальнейшие наблюдения Charman, Linden (1926), а также Kariyone, Terasaki (1931) и особенно Goldschmidt, Peters (1932) в отношении морских водорослей высокое содержание В вполне подтвердили (табл. 68).

Бор находился и в агар-агаре (из морских водорослей). Более современные данные приводятся в таблице 69.

Igelsrud, Thompson, Zwicker (1938) провели определения В в водорослях Тихоокеанского побережья США (архипелаг Сан-Хуан). Более многочисленные определения были получены для водорослей Кольского залива (Баренцево море) в нашей лаборатории Т. Глебович (1941).

В водорослях концентрация В в 10 раз больше по отношению к его содержанию в морской воде. Вероятно, бор в водорослях химически связан с маннитолом.

Таблица 68
Содержание бора в различных водорослях

Водоросли	%		Авторы
	в сухом веществе	в золе	
Phaeophyceae			
<i>Laminaria saccharina</i>		0.30	Goldschmidt, Peters, 1932
<i>Fucus vesiculosus</i>		0.083	Jay, 1896

¹¹² Одна из причин высоких чисел Au в организмах – привнесение Au из химической посуды, главным образом платиновых чашек. О нахождении Au в наземных организмах см. Linstow (1924); Berg (1928); Bertrand (1932); Bailly, Lundwitz, а также у Zbinden.

¹¹³ 1 гран = 0.0648 г.

¹¹⁴ О нахождении В в морской воде см.: Moberg, Harding (1933); Buch (1933); Wattenberg (1938).

Таблица 68 (окончание)

Водоросли	%		Авторы
	в сухом веществе	в золе	
<i>F. serratus</i>		0.30 0.047	Goldschmidt, Peters, 1932 Jay, 1896
Разные водоросли*	0.007 0.01–0.04		Chapman, Linden, 1929 Kariyone, Terasaki
Rhodophyceae			
<i>Chondrus crispus</i> (2)**	0.015		Chapman, Linden, 1929
<i>Lithophyllum cristatum</i>		0.015	Goldschmidt, Peters, 1932

*Нам известны данные только по реферату.
 **Число анализов.

Таблица 69
 Содержание В в водорослях (недавние определения) (в %)

Водоросли	Свежее вещество	Сухое вещество	Зола	Место сбора	Автор
<i>Alaria tenuifolia</i>	–	0.015	0.054	Тихоокеанское побережье, США	Igelsrud, Thompson, Zwicker, 1938
<i>A. esculenta</i>	0.0029 0.0031	0.0163 0.018	– –	Кольский залив То же	Глебович, 1941 Тот же
<i>Egregia menziesii</i>	–	0.014	0.038	Тихоокеанское побережье, США	Igelsrud, Thompson, Zwicker, 1938
<i>Laminaria cuneifolia</i>	–	0.007	0.016	То же	Те же
<i>Postelsia</i> sp.	–	0.016	0.038	"	"
<i>Rhodymenia</i> sp.	–	0.0046	0.016	"	"
<i>Ulva lactuca</i> *	–	–	0.060	"	Webb, 1937
<i>Fucus serratus</i> *	–	–	0.060	"	Тот же
<i>Laminaria saccharina</i>	–	0.008	0.102	"	Agulhon, 1910
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	0.006	0.020	–	Кольский залив	Глебович, 1941
<i>Ulva lactuca</i> (Тихий океан, Калифорния)	0.00258	0.012	–	То же	Тот же
<i>Cladophora</i> sp.	0.0043	0.0122	–	"	"
<i>Laminaria digitata</i>	0.0033	0.0176	0.096	"	"
<i>Laminaria saccharina</i>	0.0032	0.0225	–	Кольский залив	Глебович, 1941
<i>Fucus inflatus</i>	0.0040	0.0265	–	То же	Тот же
<i>F. vesiculosus</i>	0.00369	0.0132	0.0688	"	"
<i>F. serratus</i>	0.0023	0.017	0.064	"	"
<i>Ascophyllum nodosum</i>	0.0032	0.0144	0.061	"	"
<i>Macrocystis pyrifera</i>	–	0.0015	–	Новая Зеландия	Wilson, Fieldes, 1942
	0.0038	0.0296	–	Кольский залив	Глебович, 1941
<i>Chorda filum</i>	0.0024	0.018	–	То же	"
<i>Rhodymenia palmata</i>	0.0020	0.0131	0.0486	"	"
<i>Porphyra umbilicalis</i>	0.00194	0.0086	–	"	"

Таблица 69 (окончание)

Водоросли	Свежее вещество	Сухое вещество	Зола	Место сбора	Автор
<i>Bangia fuscopurpurea</i>	0.004	0.0138	—	"	"
<i>Turnerella pennyi</i>	—	0.0233	—	"	"
<i>Lithothamnium</i> sp.	—	0.00297	—	"	"

*Спектроскопическое определение. Agulhon (1910) также нашел 0.11% В в золе *Fucus vesiculosus*.

Известны организмы с 3–5% В в золе. Следовательно, тут уже вопрос не в действии «следов» химического элемента, а упущен был довольно обычный и постоянный компонент, вероятно играющий большую физиологическую роль.

Bi, Sb, W, Ga, Ge, Cd, Be, Pr, Nd, Sm, Ce, La, Y. Cornes (1919), помимо перечисленных выше элементов¹¹⁵, спектроскопически нашел в золе *Laminaria* Bi, Ga, Sb, Ge, Be, W. Для Bi единственное указание на его нахождение вообще в организмах имеется еще у Freundler с сотрудниками и Okajima (1931), найденного спектроскопически. Для Ga указания см. у Zbinden, A. Виноградова. На Sb в растениях указывают McHargue (1924), Mitchel и Chapman. Zbinden, Goldschmidt (1937) нашли в золе дубовых листьев $5 \cdot 10^{-40}$ % Ge. В водорослях же, вероятно, меньше 10^{-40} %. Be, будто бы по сведениям Seidler, был найден в водорослях Адриатического моря в значительных количествах. Наши попытки для некоторых водорослей определить Be химическим путем дали неясные результаты. В Биогеохимической лаборатории АН СССР Д. Малюга (1941) определил следующее содержание Cd в водорослях (в % сухого вещества):

<i>Fucus serratus</i>	(Мурманское побережье)	$3.4 \cdot 10^{-5}$
<i>Ascophyllum nodosum</i>	« «	$2.9 \cdot 10^{-5}$
<i>Fucus inflatus</i>	« «	$1.6 \cdot 10^{-5}$
<i>Alaria esculenta</i>	« «	$1.0 \cdot 10^{-5}$
<i>Phyllaria dermatodea</i>	« «	$1.0 \cdot 10^{-5}$
<i>Laminaria saccharina</i>	« «	$1.4 \cdot 10^{-5}$

Serrigne, Tchakirian (1939) обнаружили Pr, Nd и Sm в *Lithothamnium calcareum*, причем суммарное содержание этих элементов составило около $5 \cdot 10^{-60}$ %. М. Белая (Биогеохимическая лаборатории АН СССР) выделила редкоземельные элементы Ce, La и Y из *Lithothamnium* из Кольского залива. Beharrell (1942) обнаружил La в водорослях.

Щелочные металлы. По спектральным анализам Kirchoff и Bunsen (1861) стало известно¹¹⁶ о нахождении в водорослях Li. Sonstadt (1870b) нашел в золе водорослей Rb и Cs. Rb, по данным Freundler¹¹⁷, находится в свежей *Laminaria flexicaulis* в количестве около 0.03%. По мнению автора, он находится в виде RbI. В работах Бурксеры с сотрудниками (1931) даны числа для Rb в растениях приморских песков (*Salicornia, Suaeda*). До сих пор данные по Rb были сомнительными. Боровик-Рома-

¹¹⁵ Кроме того, V, Ag, As, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn, Sn, Au, Ti, Mo, о чем см. выше.

¹¹⁶ См. Itallie, Zande (1916), Newell, McCollum (1931).

¹¹⁷ Данные Freundler исключительно высоки. Sonstadt высказывал сомнения о правильности своих наблюдений.

нова (1944) в Биогеохимической лаборатории АН СССР, используя точные методы, провела определения рубидия в водорослях Мурманского побережья (табл. 70).

Wilson, Fieldes (1942) обнаружили $1.3 \cdot 10^{-2}\%$ в сухом веществе *Macrocystis pyrifera* из Новой Зеландии.

Накопление рубидия идет параллельно накоплению К. Действительно, его относительно много у *Laminaria* – $1 \cdot 10^{-2}\%$ в золе. Вероятно, больше в *Macrocystis* и значительно меньше у Fucaceae – около $3 \cdot 10^{-3}\%$ в золе. Морские цветковые растения по содержанию рубидия примыкают к Fucaceae. Steward отмечает качественно более высокую концентрацию рубидия в соке водорослей (с о-ва Тортуга, США), чем в морской воде.

Таблица 70
Содержание Rb в водорослях и других морских растениях,
по данным Боровик-Романовой, 1944 (в %)

Водоросли	В живом веществе, $n \cdot 10^{-4}$	В золе, $n \cdot 10^{-2}$	Место сбора
<i>Macrocystis pyrifera</i>	–	1.2	Тихоокеанское побережье, США
<i>Laminaria digitata</i>	5.1	1.1	Кольский залив и Мурманское побережье
<i>L. saccharina</i>	3.3	0.91	То же
<i>L. linearis</i>	4.4	0.97	"
<i>Alaria esculenta</i>	4.6	0.97	"
<i>Phyllaria dermatodea</i>	3.2	0.82	"
<i>Fucus serratus</i>	1.9	0.29	"
	1.4	0.27	"
<i>F. inflatus</i>	1.3	0.32	"
<i>Ascophyllum nodosum</i>	–	0.20	"
	1.2	0.19	"
<i>Rhodymenia palmata</i>	1.9	1.4	"
<i>Porphyra umbilicalis</i>	1.8	0.52	"
<i>Ulva lactuca</i>	–	1.3	Тихоокеанское побережье, США
<i>Chara hispida</i>	–	<0.20	Каспийское море
Цветковые			
<i>Zostera nana</i>	1.4	0.32	То же
<i>Ruppia spiralis</i>	–	0.38	"

Стронций и барий. Forchhammer (1844) нашел Sr и Ba в водорослях, причем он указывает, что Sr больше, чем Ba (в *Fucus vesiculosus*). В наших работах Sr и Ba постоянно отмечались в золе водорослей¹¹⁸.

Согласно Webb (1937) в золе *Ulva lactuca* содержится 0.02% Sr и 0.02% Ba; в *Fucus senatus* – 0.2% Sr и 0.03% Ba, а в *Saccorhiza bulbosa*¹¹⁹ – 0.1% Sr. Т.Ф. Боровик-Романова (1939) спектроскопически нашла в *Lithothamnium* из Кольского залива 0.2% Sr и 0.005% Ba. Engelhardt (1936) нашел в *Fucus vesiculosus* 0.03–0.1% BaO в золе.

¹¹⁸ А. Виноградов и Т. Боровик-Романова.

¹¹⁹ Из этой работы Webb, из спектрограмм *Sargassum*, опубликованных Hutchinson, Setlow, Brooks (1946), и из анализов Odum (1950) очевидно, что бурые водоросли, в отличие от красных, аккумулируют Sr специфично по отношению к кальцию.

В известковых водорослях – различных Corallinaceae – Sr, по-видимому, находился многими [см. Moretti (1813), Vogel (1816), Dieulafait (1877)]. Sorauer и Goodale дали только очень общие указания. Е. Кубовец определила в *Lithothamnium* sp. 0.25% Sr на сухое вещество¹²⁰. Noll (1934) нашел в золе *Lithothamnium polymorphum* 0.26% Sr. Таким образом, содержание стронция по отношению к кальцию в известковых (кальцитовых) водорослях, безусловно, во много раз меньше, чем Sr/Ca в морской воде. Следует ожидать повышение Sr/Ca (по сравнению с Sr/Ca в морской воде) в известковых арагонитовых водорослях (например, в *Siphonales*), для которых, к сожалению, анализов на стронций нет.

Таблица 71
Содержание Ra в водорослях, $n \cdot 10^{-12}\%$

Водоросли	На живое вещество	На сухое вещество	Место сбора	Автор
<i>Zygnema</i> sp.	–	1730.0	О-в Люнерзе, Лихтенштейн	} пресноводные Wiesner*, 1938 Тот же " "
<i>Spirogyra</i> sp.	–	370.0	Олд Гастен	
	–	710.0	Дунай, вблизи Вены	
	–	117.0	То же	
<i>Mougeotia</i> sp.	–	34.0	"	"
<i>Dictyota dichotoma</i>	–	11.0	Ровинь, Адриатическое море	"
<i>Padina pavonia</i>	–	9.0	То же	"
<i>Laminaria digitata</i>	–	10.0	О-в Гельголанд, Северное море	"
<i>L. saccharina</i>	–	10.0	То же	"
<i>L. hyperborea</i>	–	12.0	"	"
<i>Fucus vesiculosus</i>	–	7.5	"	"
<i>F. serratus</i>	–	9.0	"	"
<i>F. platycarpus</i>	–	9.0	"	"
<i>F. virsoides</i>	–	5.0	Ровинь, Адриатическое море	"
<i>Sargassum hacciform</i>	–	14.0	То же	"
<i>Cystoseira barbata</i>	–	8.0	"	"
<i>Vidalia volubilis</i>	–	14.0	"	"
<i>Ulva lactuca</i>	–	0.7	"	"
<i>Vaucheria</i> sp.	–	76.0	Оз. Люнерзе (пресноводное)	"
<i>Codium bursa</i>	–	2.0	Ровинь, Адриатическое море	"
<i>C. tormentosum</i>	–	4.5	То же	"
<i>Dasycladus clavaeformis</i>	–	12.0	"	"
<i>Cladophora alpina</i>	–	14.0	Оз. Люнерзе (пресноводное)	"
<i>Alaria esculenta</i>	–	1.1	Кольский залив	"
<i>Ascophyllum nodosum</i>	0.64	–	То же	Кунашева, 1944

¹²⁰ Из неопубликованных материалов Биогеохимической лаборатории АН СССР.

Таблица 71 (окончание)

Водоросли	На живое вещество	На сухое вещество	Место сбора	Автор
<i>Fucus inflatus</i>	0.80	—	"	Тот же
<i>F. serratus</i>	1.1	—	"	"
<i>F. vesiculosus</i>	1.2	—	"	"
<i>Laminaria saccharina</i>	0.3	—	"	"
<i>L. forma linearis</i>	0.44	—	"	"
<i>Phyllaria dermatodea</i>	1.94	—	"	"
<i>Rhodymenia palmata</i>	0.22	—	"	"
<i>Lithothamnium</i> sp.	3.0	—	"	"
<i>Microcystis aeruginosa</i>	3.2	—	Пресноводное озеро	"

*Данные Wiesner относятся к высушенному на воздухе веществу.

Таллий. Известно указание Boettger (1863) о нахождении таллия в кельпе. Помимо того, известно еще единственное указание о нахождении таллия в растениях у Berg (1928).

Фтор. По определению А. Виноградова и Х.Г. Виноградовой-Томашевской, в *Lithothamnium* sp. (из Кольского залива) находилось около 10⁻⁸% фтора на золу. Фтор обнаружен был качественно и в других водорослях, но данные сомнительны.

Сильно радиоактивные элементы (Ro, Ra, MsTh, Th). Бурксер с сотрудниками (1931), исследуя бурые водоросли из Черного моря (вблизи Одессы), нашли 5.6 · 10⁻¹¹% Ra в их золе, что отвечает 6.2 · 10⁻¹³% на живой вес.

Б. Бруновский (1932) в *Laminaria digitata* и *L. saccharina* из Кольского залива нашел 1.8 · 10⁻¹¹% Ra в золе, или 9 · 10⁻¹²% на живой вес. Морская вода отсюда же содержала 1–10⁻¹²% Ra, т. е. водоросли содержали несколько выше радия, чем вода.

Однако содержание радия в морских водорослях во много раз меньше, чем в сухопутных растениях (по крайней мере, в 10 раз). Бурксер с сотрудниками тогда же опубликовал исследования по нахождению в организмах тория. В настоящее время выясняется, что нахождение тория в организмах, и в частности в водорослях, маловероятно. Как показал Б. Бруновский (1932), в этом случае был обнаружен, по-видимому, присутствующий другой изотоп радия – мезаторий-1. Отсюда следует сделать вывод, что если торий и содержится в организмах, то в значительно меньших количествах, чем предполагали первые исследователи¹²¹. Некоторые результаты по содержанию тория в организмах были опубликованы Бурксером, Кондогури, Милгевской и Бронштейном (1931).

Продолжавшиеся в течение ряда лет у нас в Биогеохимической лаборатории исследования по распределению радия в организмах вполне ясно показали его накопление в морских водорослях. Эти данные приведены в таблице 71. Там же приводятся данные по содержанию радия в морских и пресноводных водорослях, полученные Wiesner (1938). Очень высокого накопления радия пресноводными водорослями у нас не наблюдалось.

По крайней мере, в пресноводных растениях К. Кунашева (1944) нашла примерно тот же порядок содержания радия, что и в морских. Возможно, Wiesner (1938) имел эти водоросли из водоемов с большим содержанием радия в воде. См. по этому поводу работы Бруновского (1932) и Кунашевой (1944) о содержании радия в растениях, выросших на средах с повышенным содержанием радия, а также Pelz (1939) и Бурксер и др. (1927, 1929).

¹²¹ См. ст. Б. Бруновского, К. Кунашевой (1935) и А. Виноградова (1933).

Данные по содержанию Ra в морской воде собраны Devaputra, Thompson, Utterback (1932) и Виноградовым (1944). Дебьерне радиоактивных элементов в *Laminaria* не обнаружил.

23. Содержание газов в водорослях

У многих водорослей имеются газовые пузырьки. У *Fucus vesiculosus*, *F. serratus* и у многочисленных других Fucaceae они достигают относительно небольших размеров, объемом около нескольких кубических сантиметров. У *Nereocystis* они достигают объема 100 см³. В этих пузырьках находится смесь газов. Происхождение и состав газов в этих полостях в целом стали ясны со времени работ Aimé (1841), который определил главные составные части газовой смеси из морских водорослей (Fucaceae). Он нашел, что с утра пузырьки содержали 17% O₂ и 83% N₂, а к вечеру (перед заходом солнца) 36% O₂ и 64% азота¹²². Увеличение O₂ происходило в результате фотосинтеза, шедшего в течение дня. К ночи содержание O₂ уменьшалось. Willie (1895) показал, что действительно в *Fucus vesiculosus* и *Ozothallia nodosa* содержалось 35–37% O₂; после экспозиции на воздухе стало 28.8% O₂, а после 12-часового затемнения – 2.7% O₂. Недавно подобные наблюдения были повторены Colla (1931) с *Cystoseira abrotanifolia* и *Sargassum linifolium*. Содержание O₂ (в процентах) приведено ниже.

<i>S. abrotanifolia</i>	<i>S. linifolium</i>	Время
22.4	21.8	8 ч утра
30.0	30.4	10 ч 40 мин утра
33.3	33.0	12 ч 30 мин дня
27.3	27.2	2 ч 35 мин дня
26.0	22.6	5 ч 30 мин дня

Таким образом, состав газовых пузырей меняется в связи с газовым обменом водорослей (см. Harder, 1915). Максимум содержания O₂ приходится на 12–13 ч пополудни. Подобные же данные находим у Danin (1932) для *Rivularia polyotis*, *Enteromorpha compressa*. Параллельно с увеличением O₂ в пузырьках уменьшается содержание CO₂, которая была найдена в них еще S. Rosanoff (1867), Willie (1895) в *Fucus vesiculosus*. Zeller и Neikirk (1916) исследовали газовую смесь из пузырей *Nereocystis* и нашли следующее:

Ночью	2.5% CO ₂ 10.9% O ₂	Днем	0.29% CO ₂ 12.30% O ₂
-------	--	------	--

Остальное составлял N₂. Обращает внимание низкое содержание O₂ в *Nereocystis* сравнительно с содержанием O₂ в воздухе (половина). В Fucaceae и др., как мы видели, количество O₂ выше (во время фотосинтеза) либо приближается к содержанию O₂ в воздухе¹²³. В воздушных пузырьках *Nereocystis*¹²⁴ Langdon, Gailey (1920) указали CO. Других газов в пузырьках не находили [см. еще о газах в *Enteromorpha* у Danin (1932), Frye (O₂, CO₂)].

¹²² Damant (1937) обнаружил выделение O₂ под давлением и его накопление в *Ascophyllum nodosum*.

¹²³ Исаченко на Таволжанском озере наблюдал выделение газа водорослью *Dunaiella viridis*. Газ содержал 60% O₂.

¹²⁴ Rigg, Swain (1941) обнаружили 7.7% CO, но очень мало CO₂ в образцах. Содержание кислорода может достигать 24.6%.

Глава III ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ МОРСКОГО ПЛАНКТОНА

1. Общие замечания

В 40-х гг. прошлого (XIX. – *Прим. ред.*) столетия J. Müller впервые ввел в науку понятие о планктоне. Это представление оказалось чрезвычайно плодотворным, и в дальнейшем V. Hensen (1887), предложившим это название, было положено начало количественному морфологическому изучению планктонных организмов. Одновременно V. Hensen, обратив внимание на важность изучения химического состава планктона, сам впервые получил некоторые данные. Позже ряд ученых еще более расширили эти исследования, особенно Arstein (1896), Brandt (1898), Лебединцев (1905), Knauth (1907) и др. Вопрос о пищевой ценности планктона вошел вскоре в практику в рыбных хозяйствах и т. п. В связи с вопросами продуктивности моря также были получены некоторые данные по химическому составу планктона. В большинстве случаев эти исследования касались, однако, лишь содержания жиров, белков, углеводов, золы и реже химического элементарного состава. Эти данные относились к целому планктону, т. е. к совокупности разнообразных организмов, находящихся в толще воды, а не к отдельным видам. Получение достаточного количества чистого монотонного планктона, представленного одним каким-либо видом микроорганизмов для более или менее полного химического анализа, представляет в настоящее время большие затруднения. В противоположность изучению химического состава крупных организмов, например, большинству рассмотренных водорослей или беспозвоночных, шедшему по линии изучения отдельных видов, а чаще даже отдельных органов и тканей, в случае планктона исследования шли по пути изучения состава целого естественного биоценоза. И только в последние годы стала наблюдаться тенденция к изучению отдельных представителей планктона. В дальнейшем выяснится, что химический элементарный состав планктона имеет целый ряд черт, общих для отдельных составляющих его организмов, и является своего рода введением в изучение химического состава отдельных планктонных организмов. В Англии на Плимутской станции работы по исследованию продуктивности морских бассейнов проводились Harvey (1934), Ott (1934), Cooper (1935) и др. В Германии работы, начатые Hansen (1893) и затем Brandt, Raber (1919–1922), развивались многими другими (см. Kalle, 1933); в США – Seiwel и Seiwel (1937) и отчасти Moberg (1928a); в СССР – А.П. Виноградовым (1939); в скандинавских странах – Krogh (1931).

Удобства ради здесь мы будем под планктоном принимать лишь морской микропланктон¹, как растительный, так и животный. Морфологический состав морского планктона разнообразен и различен в разных частях океанов и морей. В настоящее время распределение планктонных организмов, как растительных, так и животных, как в широтном, так и вертикальном направлении, а также его миграция в связи со временем года, суток и т. д. в целом хорошо изучены. Морфологические и биологические свойства планктонных организмов будут в дальнейшем нас интересовать лишь в связи с их химическим элементарным составом.

¹ О других пелагических организмах см. в специальных главах.

Напомним в самых общих чертах наблюдающуюся смену форм в широтном направлении. В холодных морях мы встречаемся с массой различных Diatomeae (*Chaetoceras*, *Thalassiothrix* и других родов), Peridinieae и редкими Chlorophyceae, Cyanophyceae. В теплых морях к ним присоединяются разнообразные Flagellata, *Ceratium*. В тропических морях мы почти не встречаемся с преобладанием в планктоне диатомовых, там появляются огромные количества Cyanophyceae, Chlorophyceae (Coccolithophoridae, *Trichodesmium*) и многочисленные Peridinieae. Главную массу составляют мельчайшие животные – зоопланктон, но в течение года отношение зоопланктона к фитопланктону меняется, так, например, во время цветения (весенний и осенний максимумы). В связи с этим резко меняется, как будет видно дальше, и химический элементарный состав планктона в целом.

Количество морского планктона (или его масса) может быть подсчитано из различных наблюдений многих исследователей. Можно считать, например, что прирост планктона в год (продукция) для всего океана по подсчетам, сделанным Moore, Prideaux, Herdmann, Hensen, Steuer (1910), Schroeder (1919), Petersen, Atkins (1923), Allen (1926), Cooper (1935c) и др., составляет около $n \cdot 10^{18}$ г. Постоянно же находится в море $n \cdot 10^{17}$ г живого планктона². Таким образом, в общем обмене в море планктону принадлежит значительное место.

И действительно, геохимическая роль планктона может быть прекрасно иллюстрирована многочисленными примерами. Большинство представителей планктонных организмов известны в течение всего геологического времени. Бесчисленные бактерии, Protozoa, Schizophyceae и многие другие встречаются в очень древних отложениях. Все они во многих случаях являются порообразователями или участвуют, так или иначе, в образовании биогенных отложений. Геохимические функции планктонных организмов разнообразны. Мы встречаемся с отложениями Ca, Mn, Si, Fe, Sr, Ba и т. д., связанными с деятельностью этих организмов. Все дно океана покрыто осадками из скелетов планктонных организмов. Эти отложения носят более или менее зональный характер и различны для разных широт.

На основании состава разнообразных осадочных пород можно создать некоторую картину химического строения планктонных организмов, в главном отвечающую их скелетным частям. С их составом мы позже познакомимся подробнее, а сейчас заметим лишь некоторую правильность, которой подчинен общий характер химического строения их скелетных частей. Из таблицы 72 нетрудно видеть, что на построение их скелетов идут соли и другие соединения, растворимость которых в морской воде не превышает $n \cdot 10^{-3}\%$, образующиеся из ионов, находящихся в морской воде. Это правило может быть распространено в известной мере и в отношении скелетов всех других беспозвоночных. Отметим, что CaF_2 , встречаясь во всех скелетных частях, не образует исключительно CaF_2 скелетов. MgCO_3 и CaSO_4 также находятся в скелетных частях, но вследствие их относительно большой растворимости ($n \cdot 10^{-1}\%$ в H_2O) сами по себе из MgCO_3 или CaSO_4 скелетов не образуют³.

² Riley (1944) считает, что наиболее достоверная оценка количества связываемого в Мировом океане углерода приходится на интервал от 44 до $208 \cdot 10^{15}$ г/год, что соответствует $n \cdot 10^{17}$ г/год органического вещества. Приведенные выше оценки, вероятно, завышены в 10 раз.

³ Об отношении фитопланктонных организмов к Ca^{2+} см. у Wattenberg (1931), Goedicke, Geitler (см. Rabenhorst, 1932), а также Steinecke, Ondraček (CaSO_4 в пресноводных Desmidiaceae). Помимо Coccolithophoridae, также и Discoasteridea, как современные, так и ископаемые (*Discoaster*, *Helioscoaster* и др.), содержат скелетные части из CaCO_3 , являющегося арагонитом по мнению Tan-Sin-Hok (1928). Chlamydomonadae (морские, литторальные) также содержат CaCO_3 (напомним, например, об известковом скелете *Phacotus lenticul*).

Таблица 72
Растворимость некоторых плохо растворимых соединений в воде
(встречаются в скелетах Invertebrata), в %

	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Sr ²⁺	Ba ²⁺
F ⁻	0.0016 <i>t</i> 18°	—	—	—	0.011 <i>t</i> 0°	—	0.158 <i>t</i> 10°
CO ₂ ³⁻	0.008 <i>t</i> 0°	0.06 <i>t</i> 15°	—	0.072 (FeCO ₃) <i>t</i> 10°	0.0065 <i>t</i> 15°	0.00008 <i>t</i> 8°	0.0016 <i>t</i> 8.8°
SO ₄ ²⁻	0.176 <i>t</i> 0°	(21.0)	—	(15.6)	(53.2)	0.001 <i>t</i> 2.8°	0.00015 <i>t</i> 0°
PO ₄ ³⁻	0.00 n	—	—	0.00 n	—	—	—
B ₂ O ₃ ²⁻	(0.3)	—	—	—	—	—	—
OH ⁻	0.185 <i>t</i> 0°	0.0009 <i>t</i> 18°	0.0001 <i>t</i> 18°	0.000015	0.00004 <i>t</i> 22°	—	1.65 <i>t</i> 0°

Но концентрация отдельных химических элементов планктоном не ограничивается только указанными. Планктон резко нарушает гидрохимическую картину моря. Планктон, как правило, концентрирует большинство химических элементов из морской воды. В начале это было отмечено по отношению к обычным элементам — N, P, но в дальнейшем оказалось, что явление имеет более широкий характер.

В настоящее время доказано извлечение из морской воды во время роста фитопланктоном, помимо фосфора, соединений N, также Si, Fe, Ca и т. д.⁴ Стала известна концентрация планктоном также I, Mn, Al. В наших спектрограммах золы планктона постоянно находились Sr, Ba, Ti и, по-видимому, найдутся многие другие. Так, например, Haber (1927) нашел для морской воды с различных глубин $3.25 \cdot 10^{-100\%}$ Au, между тем в поверхностных и неглубоких слоях морской воды золота было несколько больше — $4.45 \cdot 10^{-100\%}$, что он связывал с удержанием Au планктоном. Количество обнаруженных в планктоне химических элементов достигает 30, а в действительности, вероятно, содержится больше. Помимо концентрации многих из них морским планктоном, следует прибавить, что некоторые планктонные организмы при этом участвуют в весьма сложных физико-химических процессах, имеющих огромное геохимическое значение, например, в расщеплении каолинового ядра, глинистых частиц (см. об этом дальше). Мертвый планктон обогащает грунты моря теми или иными химическими элементами.

Систематическое непосредственное количественное изучение химического элементарного состава различных планктонов, а иногда и отдельных организмов было начато, как мы сказали, Hensen (1887) и продолжилось Brandt (1898) и его сотрудниками. В смешанном планктоне из Кильской бухты последним было впервые определено содержание C — от 14.1 до 42.82%, а N — от 1.8 до 5.6% на сухое вещество морского планктона. Более детально по видам см. ниже. Определение C и N в фитопланктоне из залива Хиллерёд (Дания), состоящего из 74 различных видов организмов, в связи с развитием *Cladocera* произвели Krogh и Kaj Berg (1931) в течение сезона и получили в среднем: C — около 32.7⁵, N — около 5.8%, золы — око-

⁴ Об обмене Ca см. Wattenberg (1931) и публикации Scripps Ins. of Oceanography в La Jolla, California.

⁵ Пересчитано из N₂ и CO₂. См. определение N в планктоне (на литр 0.09 мг) из озера Фуресё (Дания) — Krogh, Lange (1932).

ло 30% на сухое вещество. При этом максимуму содержания углеводов и белков в планктоне отвечает и увеличение *Cladocera*. Подобные же попытки выяснения внутривидового состава планктона на основе изучения химического состава планктона, а также изменения состава морской воды были сделаны по отношению и к диатомовым⁶. Эта область исследования, обещающая выяснить причины сезонного распределения планктона, внутривидовое равновесие в нем и т. д., еще мало привлекла исследователей.

Moberg (Калифорния) исследовал сетяной планктон в разное время года и нашел, например (в % сухого вещества):

	Октябрь – февраль	Май – июнь
золы	75.0	24.9
органического вещества	25.0	75.1

H. Seiwel, G. Seiwel, как можно понять из краткого указания в годовом отчете 1930–1932 гг. Океанографического института (Вудс-Хол), определяли С, Р, Н, О и золу в морском планктоне. Новые данные приводит Kalle (1933). Более полный анализ для пресноводного планктона был дан нами⁷. В своей статье (1939) о морском планктоне мы приводили ряд новых данных. Уже из этих немногочисленных наблюдений можно ожидать, что одновременно с изменением морфологического состава планктона изменяется и его химический состав.

Совершенно не изучен морской нанопланктон, также не изучен состав бактерий. На основании единичных анализов пресноводного нанопланктона, произведенных Birge, Juday (1922), можно сделать вероятное допущение, что он будет иметь своеобразный состав. Пресноводный нанопланктон оказался значительно богаче Fe и Са. С этой стороны исследования нанопланктона в море особенно интересны в связи с биогенными бесструктурными отложениями CaCO_3 и железомарганцевыми конкрециями.

Обращаясь к химическому элементарному составу отдельных планктонных организмов, попытаемся, насколько будет возможно, выяснить: во-первых, роль планктонных организмов в концентрациях отдельных химических элементов, в частности участие в породообразовании; во-вторых, значение химического элементарного состава как признака вида; в-третьих, изменение химического состава планктона на фоне изменения среды в течение года в связи с изменением межвидовых равновесий и т. д.

2. Суанорфусеае

Удивительная группа организмов Суанорфусеае, живущих в исключительно разнообразных условиях и имеющих широкое распространение, может быть, является наиболее интересной из всех других водорослей по многообразию тех геохимических процессов, в которых они принимают участие. Эта группа почти не изучена с химической стороны.

Суанорфусеае принимают участие в образовании озерных грязей, эстуариевых, специфических органических отложений, подобных отложениям *tengu* в Японии, а также меловых отложений, горючих сланцев, сапропелевых и битуминозных каменных углей и нефтей. В таблице 73 приводится короткий список Суанорфусеае, про которых известно, что они принимают участие в образовании сапропелей и подобных им пород.

⁶ См. Ott (1933), Cooper (1937a), Wimpenny и Harvey (1934).

⁷ Приведена литература по составу пресноводного планктона.

Предевонские сапропели, нефти и отложения, подобные битумам, очевидно, образовались с участием водорослей, в частности Суанорфусеае. Однако гумусовые угли, формирование которых обусловлено появлением высших наземных растений, не могли быть образованы ранее девонского периода. Поскольку Суанорфусеае и другие водоросли не содержат лигнина или хитина, уголь, образованный Суанорфусеае, не выделяет фенолов при сублимации, поэтому такой уголь отличается от гумусовых углей, чье происхождение связано с высшими растениями, содержащими лигнин и клеточную ткань.

Наши представления о химическом составе отдельных видов Суанорфусеае часто исходят из анализов отложений⁸. И хотя определения содержания углерода и азота для морских форм Суанорфусеае известны⁹, в других они отсутствуют. Но если обратиться к пресноводным формам, то окажется, например, что содержание азота в некоторых Суанорфусеае (табл. 74) конкурирует не только с содержанием N в Peridiniae, имеющей относительно высокое содержание азота, но и с животными организмами¹⁰.

Таблица 73
Породообразующие водоросли Суанорфусеае и Heterokont*

Вид	Порода	Возраст
Суанорфусеае		
<i>Gloeocapsa morpha prisca</i>	Кукерсит	Силурийский
<i>Coelosphaerium</i> sp.	Нхангеллит	—
	Куронгит	Современный
<i>Pila bibractensis</i>	Богхед из Отона	Пермский
<i>Pila scotica</i>	Шотландский торбанит	—
<i>Reinschia australis</i>	Австралийские горючие сланцы	—
Heterokontae		
<i>Botryococcus braunii**</i>	Балхашит	Современный

*Согласно анализам А.П. Виноградова, Е.А. Бойченко (1942), стенки клеток содержат пектин.
 **Авторы не делали попытки подтвердить изложенное в этой таблице, но можно сослаться на данные Bertrand (1927), Thiessen (1925) и Залесского (1926) и на противоположные мнения Jeffrey (1910), Potonic, Hellmers (1928) и Yang (1930).

Таблица 74
Содержание азота в Суанорфусеае (в % сухого вещества)

Вид	N	Число анализов	Автор
<i>Microcystis</i> sp.	8.05	3	Birge, Juday, 1922
	8.30	1	Whipple, Jackson, 1899
<i>Anabaena</i> sp.	8.27	1	Birge, Juday, 1922

⁸ См. анализы кукерсита для *Gloeocapsomorpha prisca* и оолитов из *G. gloeothece* у Мургау и мн. др.

⁹ Payen (1938) обнаружил 92% H₂O в *Rivularia bullata*, 92% – в *Nostoc commune* и 99% – в *Aphanothece stagnina*.

¹⁰ В растениях только семена имеют подобные количества азота. Чрезвычайно интересно было бы получить анализы (азота и др.) в *Euglena*, *Chlamydomonas*, *Eudorina* и т. п. *Anabaena*, по Allison (1932), Bortels (1936), фиксирует элементарный азот. Не является ли этот процесс у Суанорфусеае более широко распространенным?

Таблица 74 (окончание)

Вид	N	Число анализов	Автор
	9.60	1	Whipple, Jackson, 1899
<i>Lyngbia</i> sp.	8.69	2	Birge, Juday, 1922
<i>Aphanizomenon</i> sp.	9.62	2	Те же
<i>Oscillatoria prolifera</i>	8.45	2	Huams, Richards, 1904
	8.19	1	Turner, 1916

Некоторые Суанорфусеае либо фиксируют молекулярный азот сами, либо он усваивается бактериями, живущими в их слизи. Установлено, что высокое содержание азота в Суанорфусеае составляет более 10% сухого вещества против 2–3% в высших растениях¹¹. Напомним, кстати, что все вообще Schyzophyta, в частности бактерии (см. Buchanan и Fulmer, 1928), а также миксобактерии, содержат азота больше, чем его обычно в других растениях. Все грибы имеют высокие числа для азота, а также и некоторые из Суанорфусеае, как, например, *Volvox*.

Таким образом, ряд низших организмов (Thallophyta и Protozoa), которые иногда одни авторы относят к растениям (например, *Chlamidomonas*, *Euglena*), а другие – к животным, исключительно богаты азотом и по этому признаку стоят ближе к животным организмам, чем к растительным¹² (табл. 75, 76).

О содержании Са и Mg в различных Суанорфусеае можно лишь догадываться на основании выясняющейся ныне роли этих организмов в обмене Са. Большинство исследований в этом направлении относится к пресноводным формам.

Таблица 75
Содержание N, P и золы в планктонных Суанорфусеае, Flagellata
и Chlorophyceae (одноклеточные) (в % сухого вещества)*

Вид	Зола	N	P	Место сбора	Автор
Flagellata					
<i>Euglena</i> sp.	17.65	4.86	0.62	(Пресноводные)	Shiori, Mitui, 1935
<i>Noctiluca mirabilis</i>	–	7.07	–	–	Emmerling, 1909
Суанорфусеае					
<i>Microcystis aeruginosa</i>	12.88	7.78	1.93	Каспий, 1934	Виноградов, 1939
	21.37	7.04	1.63	Каспий, 1935	Тот же
	39.31	5.26	0.75	Азовское море, 1934	"
	–	4.91	0.75	То же	"
	43.78	4.47	0.80	"	"
	–	6.28	0.89	"	"
	42.18	5.51	0.69	"	"
	43.37	5.43	0.70	"	"
	6.84	5.85	–	"	"

¹¹ См. Klebahn (1927) – образование CO₂, N₂ и O₂ в вакуолях *Anabaena spiralis*, *A. flosaquae* и *Gloeotrichia echinulata*.

¹² *Nostoc* (употребляется в пищу у японцев) содержит 4.0% N – Namikava (1906); см. Kobza, Prat (1929), Strohecker, Vaubel, Breitwieser (1935) и Kohl (1889); *Volvox* содержит 6.2% N согласно Knauthe (1907).

Вид	Зола	N	P	Место сбора	Автор
<i>Aphanizomenon</i> sp.	7.00	8.01	0.75	Каспий, 1937	"
	10.98	6.10	1.20	Азовское море, 1934	"
	10.66	7.84	–	То же	"
<i>Rivularia bullata</i>	48.00	2.42	–	Сент-Мало	Rayen, 1938
<i>Calothrix pulvinata</i>	63.00	1.50	–	То же	Тот же
<i>Nostoc commune</i>	15.00	2.80	–	"	"
	–	6.50	–	Староселье, Киев, 1936	Виноградов, 1939
<i>Oscillatoria</i> sp.	25.07	6.20	–	Тамбуканское озеро	Тот же
Chlorophyceae					
<i>Volvox globator</i>	–	6.2**	–	–	Knauth, 1907
	14.50	4.30	–	Мытищи, Московск. обл.	Виноградов, 1939
<i>Ankistrodesmes</i> sp.	–	8.32	–	–	Birge, Juday, 1922
<i>Hydrodictyon</i> sp.	21.43	2.48	0.42	–	Shiori, Mitui, 1935

* Для сравнения некоторые цифры для других водорослей см. в табл. 76, 77.
 ** В % беззольного вещества.

Таблица 76
Содержание N в Chlorophyceae, Diatomeae
(в % сухого вещества) сравнительно с Суанорфусеае

Организм	N	Автор
Diatomeae	3.66	Birge, Juday, 1922
<i>Spirogyra</i>	3.47	Тот же
<i>Cladophora</i>	2.77	"
<i>Volvox</i>	7.61	"
<i>Asterionella</i>	2.30	Whipple, Jackson, 1899
<i>Spirogyra</i>	4.50	Те же

Таблица 77
Содержание N, P, S в морских растениях
(в % сухого вещества). Данные осреднены

Организм	P	S	N
Flagellata	0.6	–	7.0
Суанорфусеае	1.0	–	8.0
Chlorophyceae (одноклеточные)	0.5	–	8.0*
Diatomea	0.6	–	2.5
Peridineae	0.6	–	4.5
Bacteria	2.0	–	10.0
Chlorophyceae	0.4	–	1.8

Таблица 77 (окончание)

Организм	P	S	N
Rhodophyceae	0.3	3.0	2.5
Phaeophyceae	0.3	1.0	1.8

*Приблизительно.

О морских Суанорфузеае еще очень мало известно. Более других изучены *Rivularia*, *Oscillatoria* и некоторые другие, виды которых живут в пресной и соленой воде. Brasconnot в 1813 г. указывает CaCO_3 (P, K, Cl и S) в одной из *Rivularia* (*tuberculosa*?), которая инкрустируется CaCO_3 и, следовательно, должна быть отнесена к богатым Ca формам, принимающим участие в образовании пород¹³. Многие другие Суанорфузеае, живущие в морской воде, концентрируют CaCO_3 : некоторые виды из *Lyngbya*, *Scytonema*, *Schizothrix*, *Calothrix*, *Hyella caespitosa* v. *spirorbicola* и др. (Hansgirg, 1892).

Образование докембрийских известняков связывают с деятельностью ископаемых видов Суанорфузеае. Пресноводные формы этих организмов осаждают на своей поверхности CaCO_3 , и таким образом образуются травертины; это верно для *Rhormidium*, *Chroococcus* и *Gloeocapsa* [Hansgirg (1892); Geitier (см. Rabenhorst, 1932); Prát (1929); Fritsch (1929); Sernander (1916)]. Многие виды Суанорфузеае принимают также участие в разрушении известняков. Это так называемые сверлящие синезеленые водоросли: *Hyella*, *Mastigocoleus* и др. (Nadson, 1900). Нередко одни и те же виды участвуют в обоих процессах.

Таблица 78
Содержание P в некоторых Суанорфузеае (в % сухого вещества)

Вид	Число определений	P	Автор
<i>Microcystis</i>	1	0.52	Birge, Juday, 1922
<i>Anabaena</i>	1	0.54	Те же
	1	0.235	Juday, Birge, 1931

Отношение Ca/Mg в этих видах неизвестно. По Högbom (1894), одна из *Rivularia*¹⁴ sp. содержала 84.88% CaCO_3 и 0.69% MgCO_3 . В теле многих указанных видов находили кристаллы CaCO_3 , по описанию принадлежащие к кальциту¹⁵. Одновременно многими авторами отмечается относительная бедность Mg известняков, образованных Суанорфузеае (пресноводными). Аналитических данных мало. Об образовании кальцита в культурах Суанорфузеае см. у Prát. Поэтому мы должны заметить, что кальцитовые образования (инкрустации), связанные с деятельностью Суанорфузеае, бедны MgCO_3 , напоминая в этом отношении кальцитовые скелеты многих других планктонных организмов (например, Foraminifera и др.).

¹³ См. Rothpletz (1892) о *Rivularia dura*; Danin (1932) о *Rivularia polyotis* Meyen (1837–1839).

¹⁴ Из Готланд (Швеция) пресноводную форму анализировал N. Sahlbom; *Oscillatoria viridis* содержит кристаллы CaCO_3 – Gomont; *Rivularia haematites* – Vilhelm; *Oscillatoria* – см. анализ Meyen (1837–1839), Lenebier.

¹⁵ В пресноводных формах находили почти всегда кальцит. Равно как и травертины, известняки, образованные из осаденного Суанорфузеае CaCO_3 , тоже состоят из кальцита. Известны отдельные случаи отложения арагонита. Связь с деятельностью организмов в последнем случае неясна.

Cohn (1892) находил в *Rivulariae sp. (Euactic calcifare)* кристаллы арагонита, что, однако, требует проверки. Процесс, ведущий к накоплению CaCO_3 и образованию инкрустаций, названных Суанорфусеае, еще не вполне ясен. Содержание Са в видах, его не накапливающих, неизвестно, за исключением двух-трех пресноводных форм (*Anabaena, Microcystis* – см. Birge, Juday, 1922). По-видимому, *Microcystis* не концентрирует ни Са, ни Si (табл. 79).

Таблица 79
Химический состав Суанорфусеае, *Microcystis aeruginosa*
(в % сухого вещества) (по А.П. Виноградову, 1939)

Зола	Са	Mg	Si	Р	Fe	Место сбора
42.18	0.90	2.06	0.09	0.69	0.05	Азовское море
43.37	0.95	1.82	0.12	0.70	0.05	То же
39.31	0.89	1.70	0.20	0.75	–	”
21.37	1.00	0.50	4.61	1.61	–	”
43.78	0.25	1.91	0.11	0.80	–	”
12.88	1.61	0.45	1.50	1.03	–	”
6.84	0.30	0.23	–	–	0.10	(Пресноводные)*

*В этой *Microcystis* было найдено $2.5 \cdot 10^{-2}\%$ Cl в сухом веществе.

Среди морских Суанорфусеае также открыты и виды сверлящих водорослей, как например: роды *Hyella (H. caespitosa, H. caespitosa, v. spirorbicola), Mastigocoleus testarum*, роды *Dalmatella, Scopulonema, Solentia* и др. [Nadson (1900, 1932) и Ercegovic (1930)]. Геохимическая роль этих организмов, по-видимому, огромна. Nadson приводит данные по распространению этих организмов в морях. Анализов этих организмов также нет. Процесс растворения известняков Суанорфусеае (сверление) неясен¹⁶. Совершенно ясно, однако, что сверлящие Суанорфусеае и Chlorофусеае таким образом участвуют в обмене не только Са, но и Mg, Fe, Mn, Sr, Ba и др., освобождающихся при растворении водорослями известняков, всегда содержащих эти элементы.

Исключительно невзыскательные к условиям существования Суанорфусеае живут, как это еще указывал Benecke (1898), в среде почти без К или, наоборот, в рапе с 35% солей, главным образом NaCl (Baas-Becking, 1928 – *Calothrix, Gloeocapsa*). Содержание К в Суанорфусеае, как отметили Weevers (1911) и McCollum, ничтожно мало и несравнимо с другими водорослями. Например, в *Oscillatoria* было найдено последним автором (Weevers, 1911) только 2% К в золе (см. Schwalbe). Наш анализ *Microcystis aeruginosa* показал (см. табл. 79), что в сухом веществе их содержится до 14.68% Na и 2.13 К. Отношения Na/К почти в 4 раза ниже, чем в морской воде. Иными словами, эти организмы концентрируют К и, вероятно, в этом соотношении не представляют исключения среди других морских водорослей.

Суанорфусеае могут концентрировать $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, это совершается некоторыми видами в слабосоленых водах.

Для видов *Oscillatoria* (по-видимому, *O. teneris* и *O. nigriviridis* из Неаполитанского залива) Hinze (1903) нашел кристаллы серы в газовых вакуолях. Все его попытки найти серу в других видах *Oscillatoria* (в частности, из Кильской бухты) оказались безрезультатными. К этому важному наблюдению можно добавить данные Kupziz (1928)

¹⁶ Допускали, что они выделяют щавелевую кислоту, которая растворяет CaCO_3 . Но, как известно, растворимость CaCO_3 равна 0.125 г в литре, а $\text{Ca}(\text{COO})_2$ – 0.0067 г в литре.

для *Oscillatoria* (шихта из серных источников Камера, состоящая главным образом из *Oscillatoria* и включений *Beggiatoa* и ряда других бактерий). Автор указывает, что *Oscillatoria* были импрегнированы CaSO_4 , являющимся источником свободной серы. В них было найдено 17.18% свободной S на сухое вещество¹⁷. О скоплениях серы в природных отложениях и роли в этом процессе некоторых синезеленых водорослей совершенно ничего не известно.

Морские Суанорфусеае, в противоположность Rhodophyceae и Phaeophyceae, не концентрируют иод и Br, следовательно, они приближаются в этом отношении к Chlorophyceae. Иод был найден в Суанорфусеае еще Sengbusch (1894) в *Oscillatoria*. Kylin (1929) в *Calothrix scopulorum* нашел 0.0008% иода в живой водоросли. Gautier (1899a, б) в *Nostoc fragilis* (из пресноводной воды) – $4.2 \cdot 10^{-40}$ иода на сухое вещество. Reignier (см. Henry, 1844) нашел этот элемент в пресноводной *Anabaena*. Hochstetter находил в пресноводных Суанорфусеае иод. Меугас (1850) нашел иод и Br в *Oscillatoria* и *Anabaena*. Однако Dangeard не нашел иода в Суанорфусеае.

Наши исследования показали, что *Microcystis aeruginosa* (Азовское море) содержит As и иод. Определения этих элементов нам дали следующие результаты: *Microcystis aeruginosa* (Азовское море) – $5 \cdot 10^{-3}$ и $4 \cdot 10^{-39}$ % иода на сухое вещество, тогда как *Microcystis* пресноводная – $8 \cdot 10^{-40}$ % иода на сухое вещество. В *Microcystis aeruginosa* содержалось около 0.003% As на сухое вещество, в *Aphanizomenon* – около 0.002%. Штенберг (1939) в той же водоросли из Таганрогского залива нашел 0.00112% As.

О распределении Fe в морских Суанорфусеае данных почти нет. Между тем некоторые пресноводные Суанорфусеае, такие как *Phormidium* и *Lyngbya*, концентрируют Fe, образуя на поверхности тела либо внутри разнообразные по форме отложения гидроксида Fe и Mn [Vouk (1920); Steinecke (1923); Adler, Molisch (1926); Baas-Becking (1928)]¹⁸.

В *Oscillatoria*¹⁹ Fe было найдено еще Macollum и Tunman. Исключительную концентрацию видами *Lyngbya* водной окиси Fe отмечает Vouk (1920), считая их облигатными Fe-организмами. Впервые железные отложения были найдены West (1927) в *Lyngbya ferruginea*, *L. ochrocea* и *Hydrocoleus ferrugineus*; затем Vouk (1920) – в новом виде *Lyngbya molischi* и, наконец, Naumann (1930) – в *L. martensiana*. Таким образом, род *Lyngbya* представлен Fe-концентрирующими видами²⁰. Интересно отметить, что, по-видимому, те же виды Суанорфусеае²¹, которые отлагают Fe,

¹⁷ Об участии *Oscillatoria* в обмене серы отмечалось давно. *Oscillatoria* очень часто образуют вблизи минеральных источников скопления в виде массы органического вещества, известные в свое время под названиями *Barègin'a*, *Theiothermin'a* и др. Очень часто они приурочены к H_2S -источникам и т. п. (известны наблюдения Saussure, 1790). Подробнее см. у Ludwig. Есть анализы этих отложений. О нахождении серы в *Oscillatoria* отмечают Corsini (1905), Étard и Oliver (1882). См. также у Filhol (1888) указания о содержании S в подобных массах (главным образом бактерий?) – до 70% S. Находка Richter (1911) зерен серы в некоторых пресноводных Суанорфусеае встретила возражения; см. указания о S в Суанорфусеае у Bavendamm (1924).

¹⁸ См. у Molisch (1926); Henry (1844) о *Anabaena monticulosa*, а также Read, How (1927); Vouk (1920) приводит пробы на железо для 49 образцов Суанорфусеае и др. из пресных вод.

¹⁹ Среди *Oscillatoria*, так же как среди *Lyngbya*, есть виды, обитающие в соленых водах.

²⁰ West (1927) сомневался, что *Lyngbya ochrocea*, живущая в водах с большим содержанием Fe, принадлежит к Суанорфусеае. *Lyngbya aestuarii* в старых экземплярах имеет бурый цвет (Fe?). Howe (1932) указывает анализы корки из *Lythomyxa calcigena*: 12.3% Fe_2O_3 и 4.5% MnO. Согласно анализам Wells, в *Isactis pulvinata* и *Lyngbya martensiana calcarea* находится 0.14% Fe (0.17 FeO) и 0.03 MnO. Пресноводные *Anabaena* содержат 0.84% Fe_2O_3 , *Clathrocystis* – 1.27% Fe_2O_3 в сухом веществе; см. также у Klebs (1886), Vouk (1920).

²¹ Длинный список Суанорфусеае, Flagellata и других железосодержащих микроорганизмов, главным образом пресноводные формы, приводит Dorff (1934).

образуют и отложения CaCO_3 . Высказывались соображения о том, что к отложению Fe в Суанорфусеае, может быть, имеют отношения бактерии, в них поселяющиеся (Vouk, 1920). Подобный взгляд был высказан и по поводу отложения Суанорфусеае CaCO_3 Geitler (см. Rabenhorst, 1932). Обычно же содержание Fe в Суанорфусеае (не концентрирующих его) колеблется около 1% F_2O_3 в сухом веществе или 10–15% в золе. Участие морских Суанорфусеае в обмене Fe почти не затронуто исследованиями, а масштаб этой роли Суанорфусеае не представляется вовсе. *Calothrix scopulorum*, по Sjöstedt (1921), богат Fe. В пресноводных *Microcystis* Fe не больше, чем в морских формах.

Помимо Fe в Суанорфусеае были найдены и другие тяжелые металлы. Gössl (1907) указал на присутствие Mn в *Rivularia sprengiana*; Kobza, Prát (1929) – в *Rivularia natans* и др. (вместе с Fe). Согласно нашим данным, в пресноводной *Microcystis* содержится $5 \cdot 10^{-2}\%$ Mn на сухое вещество, в то время как в морских видах из Азовского моря его содержится от $3 \cdot 10^{-5}$ до $4 \cdot 10^{-5}\%$. Аносов приводит анализы кукерского сланца, сплошь состоящего из *Gloeocapsa morpha prisca* (ископаемые), где было около 0.01% в породе, или 0.06% на органическое вещество породы V_2O_5 . Соседние же карбонатные породы содержали лишь около 0.003% V_2O_5 .

Весьма замечательно наблюдение Ter Meulen (1931). Он нашел, что водный папоротник *Azolla* с находящимся в нем симбионтом *Anabaena* содержит наибольшее из найденных им для организмов количество Mo – 1.13 мг в 1 кг сухого вещества. Вероятно, присутствие этого элемента необходимо для биологической фиксации азота. Мы обнаружили в *Aphanizomenon* и *Microcystis* Cu, Zr, Ti, причем Zr и Ti, по качественной оценке, оказалось меньше этих же элементов в диатомовых из тех же морей²².

О нахождении других металлов ничего не известно. Перечень всего того, что известно о составе Суанорфусеае, совершенно не отвечает той роли, которую, играют несомненно эти организмы в биогенных процессах. Эти данные совершенно недостаточны для каких-либо выводов. Одно обстоятельство должно быть отмечено: в соответствии с разнообразием тех условий, в которых живут Суанорфусеае, также многообразно их участие в геохимических процессах. Мы встречаемся с концентрацией в Суанорфусеае C, Ca, Fe, Mn, S (может быть SO_4), фиксацией азота и, вероятно, некоторых других тяжелых металлов. Отметим еще находку роговой субстанции со структурой водоросли, так называемую *Collenia*, относимой к Суанорфусеае, содержащую значительное количество SiO_2 и, по мнению F.W. Clarke (1916), в свое время являвшуюся кремниевым организмом (см. Grout, Broderick, 1919).

Помимо хлорофилла, Суанорфусеае, равно как и Rhodорфусеае, содержат и другие пигменты порфиринового типа – фикоцианин и фикоэритрин. Это ставит перед нами вопрос: мог ли в составе древних форм организмов присутствовать иной, более широкий набор пигментов порфиринового ряда? Возможно ли, что из них сохранился лишь один хлорофилл, который повсеместно распространен в современных растениях?

Как правило, Суанорфусеае имеют пектиновые стенки, особенно на ранней стадии их развития, однако гемиллюлоза также может быть их компонентом. Целлюлоза обнаружена в оболочке некоторых Суанорфусеае, реже в покровных тканях, как в Chryсорфусеае.

²² Zr [sic!] возможно опечатка – Zn.

3. Flagellata

Под Flagellata объединяют разные простейшие одноклеточные (или колониальные) организмы, часть которых описывают то как животных, то как растения. В соответствии с этим Flagellata представляют собой группу организмов с широким спектром химических составов, подобно другим низшим одноклеточным организмам – Суанорфусеае, Bacteria, Protozoa и т. д. Филогенетические связи Flagellata, имеющие, в частности, хлорофилл, с другими одноклеточными организмами, многие из которых относятся к планктону, – очень сложные и до сих пор окончательно не установлены²³.

Эти организмы имеют один общий признак, а именно – Flagellata, так же как и другие одноклеточные Суанорфусеае, Bacteria и многие Protozoa, содержат относительно высокое количество связанного азота (см. табл. 80), что отличает их от высших водорослей и высших цветковых растений, напоминая в этом отношении содержание азота у животных.

Так как внешние части многих этих организмов состоят из пектина, реже из целлюлозы и никогда из хитина или лигнина, то высокое содержание азота может быть объяснено отсутствием целлюлозы, которая в иных случаях своей массой «разбавляет» среднее содержание азота. Другими словами, чем больше целлюлозы содержит организм, тем меньше суммарное содержание связанного азота, и наоборот. Это правило, как мы увидим далее, подтверждается рядом примеров среди Rhodophyceae, Phaeophyceae и других низших организмов.

Унаследовали ли современные Flagellata такую химическую специфику от своих древних предшественников или же это обусловлено нередко сапрофитовым, а иногда паразитическим образом их существования? Этот вопрос пока еще относится к разряду недостаточно исследованных. Однако в тех видах Flagellata, которые содержат хлорофилл, наблюдаются относительно высокие концентрации азота, причем он, очевидно, находится в виде белковых тел, которые описывались у них под разными названиями.

Согласно Braarud, Føyn (1930), одна клетка *Chlamydomonas* поглощает фосфор в количестве $0.98 \cdot 10^{-9}$ мг/день, а по Schreiber (1927), *Carteria* – $1.9 \cdot 10^{-9}$ мг/день.

При изложении мы будем придерживаться классификации, предложенной Déflandre, и будем рассматривать главным образом Cocolithophoridae и Silicoflagellata, так как для других морских Flagellata аналитические данные отсутствуют.

О составе кокколитов, образующих наружный панцирь морских Rhabdosphaerae, Coccosphaerae и др., судят косвенно, на основании илов, составленных из кокколитов (Murray, Irvine, 1890–1891), и по химическому составу, представляющему главным образом CaCO_3 (возможно, арагонит)²⁴. Cocolithophoridae и Diascoasteridae, как современные, так и ископаемые (*Discoaster*, *Helioscoaster* и др.), содержат скелетные части из CaCO_3 , по мнению Tan-Sin-Hok (1928), являющегося арагонитом. *Chlamydomonadaceae* (морские, литоральные) также содержат CaCO_3 (напомним об известковом скелете *Phacotus lenticularis*, например). Для организмов из *Chrysomonadina*, не концентрирующих кальций, данных нет.

²³ Из наиболее современных геохимических работ читатель должен прочесть работу Hutner, Provasoli (1951).

²⁴ Так, например, писчий мел составлен часто из одних кокколитов. На этом основании можно догадаться, что состав кокколитов почти чистый CaCO_3 , во всяком случае, без заметных количеств MgCO_3 . Если это так, то Flagellata – известковые организмы. Огромная роль Cocolithophoridae в миграции Ca в море сейчас выясняется. См. Wattenberg (1931).

Phytoflagellata очень часто являются концентраторами Fe, образуя отложения гидроокиси Fe (и Mn). Впервые это было выяснено по отношению к пресноводным формам различных Flagellata – *Euglena*, *Anthophysa vegetans*, *Spongomonas intestineum*, *Lagynion*, *Trachelomonas* (*T. volvocina*), *Rhipidodendron splendidum*, *Cladomonas fruticulosa* и др.²⁵ Действительно, многие Flagellata являются хорошими индикаторами на нахождение Mn, Fe, Ca, Si и других элементов в водных бассейнах. Что касается морских видов, то нам известны лишь наблюдения В. Буткевича (1928) о нахождении в морских грунтах (из Баренцева моря) организмов, близких по форме к колониальным флагеллятам, концентрирующим Fe, как, например, *Anthophysa vegetans*. Автор дал им названием *Perseus marinus*. Возможно, что это не один вид и в будущем он будет расчленен на несколько других. *Perseus marinus* отлагает в своих стеблях гидроокиси Fe и, вероятно, Mn. Эти организмы очень часто встречаются в виде бурых налетов на ракушнике, в буром цементе песчаных илов и т. п. и, возможно, имеют отношение к образованию железомарганцевых стяжений в морях. Другое наблюдение сделано было над концентрацией Fe *Lagynion*, найденной Naumann (1930) и Sjöstedt (1921) на бурых водорослях из Оресунда.

Weevers (1911) легко открывал гистохимически в *Noctiluca miliaris* кальций. Для некоторых Silicoflagellata были сделаны гистохимические определения, указывающие на присутствие Si в их скелете. Анализ количественных нет. Содержание SiO₂ известно в родах *Dichtyocha*, *Distephanus*, *Mesocena cannapilus*, *Ebria*, *Gymnaster pentasterias* и в видах других родов. Pia (1926) замечает, что у северных форм Silicoflagellata кремневые скелеты лучше развиты, чем у южных форм (см. Ehrenberg, 1834). Chrysomonadina содержат SiO₂ в стадии цист, как это отмечает Déflandre (1936), например, у *Mallomonas*, а многие содержат SiO₂ в спикулах и других частях скелета. У целого ряда других Flagellata ныне также обнаружен в скелетах SiO₂. Мы хотели бы еще обратить внимание на содержание в скелете Ebriaceae вместе с SiO₂ белкового вещества, обнаруженного Novasse (1932), что приближает Ebriaceae к Rhizopoda. Аналогичный скелет – белок + SiO₂ Biecheler (1934) нашел у одной Dinoflagellata, а именно у *Plectodinium nucleovolvatum*. Ophiobolaceae, например, *Ophiobolus*, также содержат в оболочке SiO₂ (см. табл. 80). У многих Dinoflagellata кутикула не содержит неорганического скелета²⁶.

Таблица 80
Сравнение состава тел и скелетов одноклеточных организмов

Организм	N (в % сухого вещества)	Органические составляющие	Минеральные включения
Суанопhyceae			
Chroococcales	7–8	Пектин	–
Nostocales	7–8	Пектин (гемицеллюлоза в капсулах)	–
Stigonematales	–	Те же	–
Flagellata	–		
Chrytomonadina	–	Пектин (гемицеллюлоза в раковинах и цистах)	SiO ₂ (цисты)
Cryptomonadina	–	Пектин	–

²⁵ См. Klebs (1886), Gicklhorn (1921), Steinecke (1923), Molisch (1926), Cholodny (1928), Naumann (1930) и Adler.

²⁶ Опорные ткани состоят из белкового вещества (Biecheler, 1934).

Таблица 80 (окончание)

Организм	Н (в % сухого вещества)	Органические составляющие	Минеральные включения
Silicoflagellata	—	?	SiO ₂
Ophiobalaceae	—	?	SiO ₂
Ebriidae	—	Протеин	SiO ₂
Cystoflagellata	7	”	—
Discoasteridae	—	—	CaCO ₃ (арагонит)
Coccolithoporidae	—	—	CaCO ₃ (кальцит)
Peridinieae	4.5	Пектин, гемицеллюлоза, целлюлоза	—
Euglenineae	5	Пектин	—
Diatomeae	6–8*		SiO ₂
Heterokontae	—	Пектин, гемицеллюлоза	—
Chlorophyceae	—		
Volvocales	5	Пектин, реже гемицеллюлоза, целлюлоза	—
Protococcales	8**	Пектин, гемицеллюлоза, целлюлоза	—
Siphonales	—	Пектин, реже гемицеллюлоза, целлюлоза	—
Ulothrichales	2	Пектин, гемицеллюлоза, целлюлоза	—
Conjugatae	—	Те же	—

* Целлюлоза – следы.

** В обеззоленном веществе.

Взаимоотношения Silicoflagellata с Ebriaceae и Dinoflagellata в настоящее время являются предметом оживленного изучения. Для нас небезынтересно отметить попытки систематизировать *Silicoflagellata* по форме скелетов. Novasse (1932) замечает, что по мере усложнения их скелета увеличивается общее содержание в них силиция (так называемая ”*hypersilifies*“ Novass’a, например, у Ebriaceae. Тот же автор приводит случай нахождения у *Distephanus* энантиоморфных кремниевых скелетов (левого и правого, зеркально совмещающихся)²⁷.

Итак, у большинства Flagellata стенки клеток состоят из различных видов пектина, но некоторые Flagellata не имеют клеточных стенок или имеют лишь протоплазматические образования, по существу не отличающиеся от состава протеинов тела самого организма. Несмотря на то, что известны протеиновые оболочки (альбуминоиды), которые иногда ошибочно называют псевдохитиновыми, они не имеют ничего общего с хитином, как это имеет место у Cystoflagellata, Ebriidae, в *Gymnaster pentasterius*, *Plectodinium nucleovolvatum* и др. Эти оболочки близки к белковым оболочкам Rhizopoda и других Protozoa.

Очень широко распространены полисахаридные стенки, которые являются производными от галактуроновых кислот и известны под общим наименованием пектиновых; как мы уже видели, они обнаружены во многих Englenineae, Chrysomonadina, Cryptomonadina и др. Кроме того, пектиновые оболочки могут

²⁷ На этом примере можно видеть развитие, усложнение кремниевого скелета, происходящее, вероятно, и теперь. В ископаемом состоянии *Ebriaceae* не найдены. Многочисленные любопытные случаи левых и правых форм у организмов собраны Ludwig (1862).

иногда встречаться вместе с клетчаткой или гемицеллюлозой. Клетчатка обычно выстилает влагалища Flagellata и часто наблюдается только у более взрослых форм, содержащих пектин, появляясь в некоторых Flagellata, например в Peridinieae (см. табл. 80). Таким образом, в Flagellata SiO₂, CaCO₃ и гидроксиды металлов могут быть связаны либо с белком, либо с пектином, клетчаткой, либо со смешанным составом органической части оболочек Flagellata.

Flagellata, как известно, принимают участие в породообразовании.

4. Peridinieae

Сведения о химической природе этих организмов в общем отрывочны. Bergh (1881), описывая клетчатку, которую он нашел в пресноводной *Ceratium*, обратил внимание на ничтожно малое содержание в них зольного остатка. Hensen (1887) нашел в *Ceranium tropos* 0.22% золы, или 3.94% сухого остатка при 94.5% содержания воды в этих организмах. Вероятно, содержание воды несколько меньше. Уже Brandt (1898), Meyer (1914) и особенно Brandt, Raben (1919–1922) нашли значительно больше золы в планктоне из *Ceratium* и других Peridinieae. В этих случаях, однако, не исключена возможность «загрязнения» Peridinieae-планктона диатомовыми, сильно повышающими зольность. Авторы сами указали, что планктон состоит преимущественно из Peridinieae и что присутствие диатомовых не исключено. Хотя возможно, что целлюлозная мембрана *Ceratium*²⁸ и других может инкрустироваться и CaCO₃.

Содержание углерода, водорода и азота приводится в систематических исследованиях только что названных авторов и позволяет сделать некоторые обобщения. Brand (1898) дал до 13 образцов морского планктона. Мы используем лишь те из них, которые по указанию автора являются преимущественно состоявшими из Peridinieae, но эти анализы не могут быть пересчитаны в процентах живого вещества (табл. 81).

Если мы сравним эти данные с подобными данными (С, N, H) для диатомовых и др. тех же авторов, то различия в составе Peridinieae будут еще отчетливее. Углерод Peridinieae по содержанию не отличается от такового у других водорослей. Несколько иное с азотом. Для того чтобы сделать очевидным различие в содержании азота в Peridinieae и в водорослях, приведем ряд цифр, полученных Brandt, Raben (1919–1922). Азота в Peridinieae в отдельных пробах было найдено: 5.64; 8.78; 7.34; 7.76; 8.07; 7.02; 5.75. 2.12. Отсюда видно, что Peridinieae, подобно Суанорфусеае, богаче азотом, чем другие водоросли. При пересчете на сухой беззольный остаток это различие еще резче (Peridinieae – до 10% N, а другие водоросли – 5%).

Мы имели уже случай обратить внимание на богатство низших форм организмов азотом. Относительно содержания других химических элементов в Peridinieae можно судить по таблице 82.

Таблица 81
Содержание С, Н, N, в Peridinieae (в % сухого вещества)

Вид	Число анализов	С	Н	N	Автор
<i>Ceratium</i> sp.	1	35.31	5.72	(2.50)	Brand, 1898
	1	–	–	5.32	Knauth, 1907
<i>C. tripos</i> и др.	7	33.17	5.13	7.19	Brandt, Raben, 1919–1922

²⁸ Ammann наблюдал изменение размеров *Ceratium* в связи с грунтом. Известковый грунт уменьшает их размер, но – состав?

Таблица 81 (окончание)

Вид	Число анализов	С	Н	N	Автор
	1	36.48	5.21	4.81	Meyer, 1914
<i>Peridinieae</i> , различные	4	40.52	6.78	3.25	Brandt, 1898
	1	22.0	–	–	Boysen-Jensen, 1915
Среднее		33.49	5.58	4.61	

Таблица 82
Содержание некоторых химических элементов в *Peridinieae*
(в % сухого вещества)

Организм	Число анализов	Fe	Ca	P	Si	Автор
<i>Ceratium tripos</i> и др.*	8	0.98	1.08	0.56	3.00	Brandt, Raben, 1919–1922
	6	1.33	0.73	0.58	1.38	Meyer, 1914

* Из Кильской бухты.

Фосфор в *Peridinieae*, по-видимому, не выше, чем в других водорослях. Что касается высокого содержания кремния – SiO_2 (по Brandt, Raben, 1918–1922), то оно, как мы думаем, требует проверки. Нет ли тут загрязнения диатомовыми?²⁹

Иначе *Peridinieae* должны быть отнесены к кремниевым организмам, играющим роль в обмене кремния. Но в этом мы сомневаемся. Железо в *Peridinieae* находится несколько больше, чем обычно встречается у всех водорослей и других организмов в море, – порядка 5–10% Fe_2O_3 в золе, или 1–2% в сухом веществе. Однако накопления *Peridinieae* Fe никем не отмечалось. Что касается Ca, то его определений было мало.

5. Diatomeae

Несколько больше, но очень немного известно о химическом составе диатомовых. И то в целом это касается диатомового планктона и реже отдельных видов диатомовых. Об исключительном значении в образовании осадочных пород диатомовых, так называемого диатомита, трепела, кизильгура и т. п., общеизвестно, поэтому обращаться к этому не будем.

Впервые Kützing нашел SiO_2 путем обугливания планктона, состоящего, как теперь оказалось, из ряда видов диатомовых³⁰. Ehrenberg (1834) повторил опыт с другими видами *Synedra*, *Navicula*, *Melosira* и многими другими и подтвердил нахождение в их оболочках SiO_2 . В дальнейшем к гистохимическому изучению диатомовых обращались многие и находили в тех или иных видах SiO_2 – Bailey (1856), Weiss (1871). Известны виды диатомовых без кремниевого панциря³¹.

Hensen (1887) первый определил в диатомовых количество золы. Сухой остаток диатомовых состоял на 58%, в другом случае – на 60% из золы.

²⁹ Кроме того, Brandt, Raben (1919–1922) находили в *Peridinieae* песок – до 10% в сухом веществе. Отделение растворимой SiO_2 от песка в присутствии скелетов диатомовых аналитически весьма трудно.

³⁰ Он считал их инфузориями. Его результаты впервые были доложены Ehrenberg (1834).

³¹ См. Bachrach, Lefèvre (1928, 1929) и Bachrach (1927).

Таблица 83
Содержание золы в сухом остатке Diatomeae (в %)

Вид	Органическое вещество	Зола	SiO ₂ в сухом остатке	Автор
<i>Chaetoceras</i>	39.61	60.38	–	Hensen, 1887
<i>Rhizosolenia</i>	42.1	57.9	50.6	Те же
<i>Chaetoceras, Rhizosolenia,</i>	34.02	65.98	51.26	Brand, 1898
<i>Coscinodiscus Rhizosolenia, Skeletonema,</i>	42.5	57.5	19.7	Brandt, Raben, 1919–1922
<i>Thalassiothrix* Rhizosolenia, Chaetoceras,</i>	16.75	78.38	77.0	Anderson (см. Мургау,
<i>Thalassiothrix Skeletonema, Chaetoceras,</i>	49.65	50.45	23.06	Renard, 1891) Виноградов, 1938в
<i>Thalassiothrix Asterionella</i>	42.48	57.52	49.48	Whipple, Jackson, 1899
<i>Fragilaria</i> (преимущественно)	60.50	39.50	30.78	Birge, Juday, 1922

* 9 анализов

Таблица 84
Содержание С, Н, N в диатомовых (в % сухого вещества)

Вид	Число анализов	С	Н	N	Автор
<i>Scelitonema</i>	2	25.27	4.28	3.84	Brandt, Raben, 1919–1922
<i>Thalassiothrix</i>	} 1	21.33	4.13	4.87	Те же
<i>Rhizosolenia</i>	1	14.47	2.61	2.44	"
<i>Chaetoceras</i>	3	11.0	–	–	Boysen-Jensen, 1915
<i>Rhizosolenia Coscinodiscus</i>	} 2	18.08	3.23	2.10	Brand, 1898
<i>Diatomeae</i> (различные)	4	22.04	4.90	5.40	Brandt, Raben, 1919–1922
	1	–	–	3.33	Виноградов, 1938в
<i>Asterionella</i> (пресноводные?)	1	–	–	2.20	Whipple, Jackson, 1899
<i>Fragilaria</i> (преимущественно)	1	–	–	3.66	Birge, Juday 1922
<i>Chaetoceras</i> (пресноводные)	2	–	–	1.80	Knauth, 1907

Brockmann (1935) нашел в планктоне, состоящем главным образом из *Biddulphia sinensis* и *Lithodesmium nudulatum* (из Jade, около о-ва Гельголанд) – 2.7% сухого вещества и 97.3% воды. Сухой остаток этого планктона составлял 68% золы и 32% органического вещества. По нашим многочисленным определениям минерального остатка и органического вещества у разных видов диатомовых из Кольского залива, Каспийского моря, Азовского моря и других содержание золы обычно колеблется около 50% от сухого вещества диатомового планктона (табл. 85).

Таблица 85
Содержание N и P в диатомовых (в % сухого вещества)

Вид	Зола	N	P	Год и место сбора	Автор
<i>Rhizosolenia calcaravis</i>	60.38	1.25	0.61	1934, Каспий	Виноградов, 1939
	62.15	1.40	0.53	1934, "	Тот же
	54.22	1.02	0.31	1935, "	"
	59.17	1.81	0.90	1935, "	"
	45.44	1.51	0.45	1935, "	"
	39.68	4.23	0.59	1935, "	"
	41.68	2.82	0.60	1935, "	"
	49.18	1.80	0.61	1935, "	"
<i>Rhizosolenia</i> sp.	–	1.05	0.14	1935, Вудс-Хол,	Waksman, Stokes, Butler, 1937
				Массачусетс, США	
<i>Codscinodiscus</i> sp.	51.47	2.19	1.27	1938, Каспий	Виноградов, 1939

Содержание углерода и азота в диатомовых, благодаря большому содержанию золы, (главным образом SiO₂) не велико, особенно если сравнивать с другими водорослями (табл. 84). Сравним данные таблиц 83 и 85 с соответствующими данными таблицы 81, где приведен состав Peridinieae. Содержание азота ниже. Однако, как и в предыдущих группах, содержание связанного азота в диатомеях выше, чем в высших растениях.

Waksman, Stokes, Butler (1937) в двух образцах *Rhizosolenia* из Виньярд Саунд (Массачусетс, США) нашли 10.46 и 7.34% С на сухое вещество. Т. Brand (1935) дал серию определений С в диатомовых. Эти данные очень трудно пересчитать и выразить в весовых процентах. Интересно, что 100 000 экземпляров *Skeletonema costatum* содержат от 4.5 до 67γ С и от 0.79 до 1.0γ N, а *Thalassiosira* – от 4.9 до 57γ С, *Chaetoceras laciniosus* – 13.50γ N в 100 000 экз. Относительно низкое содержание N в каспийской *Rhizosolenia* может быть объяснено тем, что они могли, ввиду своей крайней хрупкости, терять часть протоплазмы при сборе сеткой. Калорийность этого планктона была в среднем около 2000 кал.

Анализ золы диатомовых впервые произвел Anderson (см. Murray, Renard, 1891) в пробе морского планктона, состоящего из *Rhizosolenia*, *Chaetoceras* и *Thalassiothrix*. Brandt (1898) позже дает определения целого ряда проб диатомовых (смешанный морской планктон из Кильской бухты) на SiO₂, Cl. Brandt, Raben (1919–1922) в девяти подобных пробах различных диатомовых дали содержание P, Cl, Fe, SiO₂ (табл. 86) и в двух случаях – Ca. А. Виноградов в диатомовом планктоне из Кольского залива, помимо того, – Mn и Al. Более систематические анализы планктонных организмов и, в частности, диатомовых, произведены Birge, Juday (1922) для пресноводного планктона.

Са входит в состав диатомовых (1% сухого вещества). Bachrach, Pillet (1930) нашли в золе диатомовых, как у имевших, так и у не имевших кремневого панциря, Са. Для Mg, Sr, Ba в диатомовых количественных данных нет. В анализированном нами диатомовом планктоне из Кольского залива спектроскопически было найдено, помимо обычных химических элементов, Sr, Ba. См. также указания Murray, Renard (1891) о нахождении ими Ba в морском диатомовом илу.

Нахождение P впервые указано было еще Kützing (1843). Cooper (1934) находил 1.47 мг P в литре диатомового планктона³².

³² *Navicula ostrearia* выделяет содержащий P пигмент в морскую воду (см. Ranson, 1933).

Содержание Р в диатомовых – около 0.5% на сухое вещество. Его содержание, возможно, колеблется по сезонам. Отношение N/P в диатомовом планктоне, по нашим данным, колеблется от 2 до 7. Коопер (1937а)³³ нашел в *Coscinodiscus excentricus*, полученных из чистой культуры, отношение N/P от 5.42 до 7.7. В другом случае (1934) в планктоне, состоящем на 80% из диатомовых, отношение N/P – около 7. Наконец известны многочисленные определения N и P в морской воде, содержащей планктон и органическое вещество. На основе этих данных косвенно были выведены отношения N/P или Fe/P и P/пигменту и тому подобные отношения для самого планктона. Подобные определения можно найти у Redfield (1933), Hervey (1934), Harvey, Cooper, Lebour, Russell (1935), Stundl (1937), Seiwel, Seiwel (1937), Cooper (1937b) и Fleming (1939).

Таблица 86
Содержание некоторых химических элементов в диатомовых (в % из золы)

Вид и род	Число анализов	Fe ₂ O ₃	CaO	P ₂ O ₅	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Место сбора	Автор
<i>Rhizosolenia</i> , <i>Chaetoceras</i> , <i>Skeletonema</i> , <i>Thalassiothrix</i> и др.	9*	4.49	5.67	4.98	64.44	–	Кильская бухта	Brabdt, Raben, 1919–1922
<i>Skeletonema</i> , <i>Chaetoceras</i> , <i>Thalassiothrix</i>	1**	1.62	–	2.38	45.73**	–	Кольский залив	Виноградов, 1933
<i>Rhizosolenia</i> , <i>Chaetoceras</i> , <i>Thalassiothrix</i>	1***	–	–	–	78.38	1.76	Станция 157 Челленджерской экспедиции	Anderson (см. Murray, Renard, 1891)
<i>Melosira granulata</i> , <i>Cyclotella compta</i> (из грунта)	1*	–	2.27	–	83.66	3.5	Оз. Байкал	Самойлов, Рожкова, 1925

* На золу без растворимых солей.
** Расчет на золу без удаления NaCl и других растворимых солей, которые содержат около 40% анализированного материала.
*** На сухое вещество. Органическое вещество – 16.75%; H₂O – 4.87%.

Отношения N/P, по этим определениям, колеблется у диатомовых в тех же пределах. Redfield (1933) считал, что отношение N/P, Fe/P и т. д. точно повторяет подобные отношения для химических элементов в морской воде. Вывод этот имеет очень приближенное значение. Мы всегда обращали внимание на то, что химический состав разного планктона, как это видно из аналитических данных, помещенных в таблицах, весьма различается.

Kalle (1933) находил 10.9 мг Р в 1 м³ морской воды, связанного планктоном (при общем содержании в воде 27–30 мг фосфора). Аналогичные наблюдения имеются в работах Коопер и др. Vuch, Cripenberg (1938) получили кривую содержания Р в воде в зависимости от числа экземпляров *Skeletonema*. Когда *Skeletonema* было 1.3 млн. экз. в 1 л, то Р в этой же воде было 0. По их расчетам, каждая клетка

³³ Нет весовых данных. Данные рассчитаны на число экземпляров и объем свежего планктона.

Skeletonema захватывает $1 \cdot 10^{-8}$ мг P. *Nitzschia closterium*, по Atkins (1923), захватывает $0.52 \cdot 10^{-9}$ мг P, а *Leuderia borealis* – $2.2 \cdot 10^{-8}$ мг P (в сутки на 1 экз.).

Нами вновь было определено содержание в диатомовых Ca, Mg, Si, Fe и других химических элементов (табл. 87).

Таблица 87
Химический элементарный состав диатомовых (в % сухого вещества)

Вид	Зола	Ca	Mg	Si	P	Fe	Место сбора	Автор
<i>Rhizosolenia calcaravis</i>	60.38	0.9	0.32	21.78	0.61	0.16	Каспий	Виноградов, 1939
	52.15	1.17	0.26	19.35	0.53	0.23	"	Тот же
	54.22	0.63	0.38	19.14	0.31	0.10	"	"
	59.17	0.36	0.32	23.32	0.90	0.10	"	"
<i>Coscinodiscus</i> sp.	51.47	–	–	–	1.27	0.63	"	"

Как хорошо известно, из всех химических элементов Si находится в диатомовых в наибольших количествах³⁴ – до 23.32% Si на сухой вес или около 50% SiO₂, иными словами, зола диатомовых содержит практически 96–99% SiO₂. Rogall (1939) нашел, например, для *Biddulphia sinensis* (в % золы):

SiO₂ 96.80
Fe₂O₃³⁵ 1.26
Остаток 1.92 (потеря при прокаливании)

И для *Coscinodiscus concinnus* (в % золы):

SiO₂ 96.16
Fe₂O₃ 1.80
Остаток 1.98 (потеря при прокаливании)

Einsele, Grim (1938) произвели интересные определения содержания SiO₂ в отдельных клетках разных диатомовых. Определения относятся к пресноводным формам озер Германии. Поэтому мы ниже привели лишь некоторые средние данные по содержанию SiO₂ в отдельных экземплярах диатомовых (в г):

<i>Asterionella formosa</i>	$6.5 \cdot 10^{-8}$	<i>Melosira islandica helvetica</i>	$27 \cdot 10^{-8}$
<i>Fragilaria fenestrata</i>	$9.0 \cdot 10^{-8}$	<i>Cyclotella glomerata</i>	$10 \cdot 10^{-8}$
<i>Tabellaria fenestrata</i>	$18.7 \cdot 10^{-8}$	<i>C. melosiroides</i>	$35 \cdot 10^{-8}$
<i>Synedra acus angustissima</i>	$57 \cdot 10^{-8}$	<i>C. socialis</i>	$47.5 \cdot 10^{-8}$
<i>S. ulna danica</i>	$100 \cdot 10^{-8}$	<i>C. comta</i>	$90 \cdot 10^{-8}$
<i>Diatoma elongata</i>	$12 \cdot 10^{-8}$	<i>C. bodanica</i>	$150 \cdot 10^{-8}$
<i>Melosira granulata</i>	$8 \cdot 10^{-8}$	<i>Stephanodiscus astraeva</i>	$400 \cdot 10^{-8}$
<i>M. italica</i>	$15 \cdot 10^{-8}$	<i>Mallomonas mirabilis</i>	$40 \cdot 10^{-8}$

³⁴ Hensen (1887) нашел непосредственно 2.83% SiO₂ и 94.43% H₂O; сухой остаток равен 6.57%; см. данные по *Frustalia salina* (?); Schmidt нашел 45.1% SiO₂ в сухом веществе.

³⁵ Вместе с Al₂O₃.

Как видно, разные виды диатомовых содержат различные количества SiO_2 , что связано с их морфологическим строением.

Ряд авторов считали в свое время, что скелет диатомовых всецело состоит из SiO_2 , но, во-первых, есть формы, лишенные Si, а, во-вторых, имеющие кремневый панцирь его теряют при известных условиях. Северные формы богаче Si (см. замечание по этому поводу Pia, 1926), а *Centricae*, наиболее примитивные из диатомовых и представленные главным образом морским планктоном, имеют легкий кремневый скелет. Более того, пресноводные диатомовые, в основном *Pennatae*, имеют более тяжелый кремневый скелет. Наиболее тяжелый скелет с большим содержанием SiO_2 обнаруживается среди бентосных видов *Pennatae*, причем как среди морских, так и среди пресноводных; SiO_2 встречается также в скелетах наземных (почвенных) форм, которые принадлежат к *Pennatae*.

В каком состоянии находится SiO_2 в панцире диатомовых, остается неясным. Liebisch (1929–1930) считает, что панцирь диатомовых состоит из двух мембран: из пектиновой и другой – гидрата SiO_2 . Присутствие вместе с кремниевым скелетом еще и органического в настоящее время принимается всеми исследователями. Однако согласия взглядов о характере органического вещества нет. Сначала большинство считало его за клетчатку (Weiss, 1871). Затем Mangin (1908) и Liebisch (1929–1930) доказали, что это пектиновое вещество – более сложный полисахарид, широко распространенный в растительном царстве (от него зависит, например, образование желе при разваривании фруктов и т. п.). Наконец некоторые авторы (Bachrach, 1927) называют это органическое вещество гиалиновым, что, как известно, ничего общего не имеет с полисахаридами и является очень общим названием некоторых белковых тел с невыясненной химической структурой³⁶.

Еще Pfitzer и мн. др. (см. Kolbe, 1932; Richter, 1911) считали, что SiO_2 находится в соединении с органическим веществом (или иногда с другим, неорганическим), а не в виде SiO_2 и его гидратов, но так до сих пор этот вопрос и не получил окончательного разрешения. В настоящее время, однако, полагают, что кремний встречается в виде кремневой кислоты; рентгеноскопические исследования SiO_2 в диатомеях, проведенные А.П. Виноградовым (1939) для *Rhizosolenia*, а также Kahane (1935) и Rogall (1939), показали, что SiO_2 имеет аморфную структуру (см. Brieger, 1924).

Из работ Murray, Irvine (1890–1891) впервые стало известно об источниках Si в диатомовых. Совершается процесс, пока во всей своей полноте нам неизвестный, а именно расщепление каолиновых частиц (глины), взвешенных в морской воде, диатомовыми на гидраты SiO_2 и Al_2O_3 . Опыты других исследователей – Н. Courin (1922), В.И. Вернадского (1940) подтвердили раскалывание каолинового ядра в присутствии диатомовых и бактерий³⁷. Виноградов, Бойченко (1942) показали, что диатомеи разрушают каолин (накрит) с высвобождением гидрата алюминия в результате действия их слизи, состоящей из пектина. При этом SiO_2 утилизируется диатомовыми, а другая часть, содержащая Al_2O_3 , остается в морской воде или иле. Судьба этой части недостаточно ясна. Вопрос биогенной миграции Al – незатронутая область. Как видно из анализов Anderson (см. Murray, Renard, 1891) и нашего, Al находится и в диатомовых [в скелетах диатомовых по Самойлову, Рожковой (1925) в грунте Байкальского озера показан Al вместе с Fe]. Содержание других элементов в золе диатомовых мало исследовано. Kützing (1844) обращал внимание на возмож-

³⁶ Из данных анализов диатомовых на белки, жиры, углеводы (см. Brandt, Raben, 1919–1922 и Emmons) нельзя сделать решающих выводов. См. находку Nahn (1925) в отложениях кизельгура белковой субстанции, так называемый Cornit.

³⁷ См. о нахождении Fe-конкреций в диатомовых скелетах у Андрусова (1887), Früh (1895–1896), Schrotten и анализы диатомового ила у Gebbing (1927) и мн. др.

ность нахождения гидратов окиси Al (и Fe) в скелетах диатомовых. Наличие других элементов в золе диатомовых практически не исследовалось.

Richter (1911), Naumann (1930) в пресноводных формах (например, *Eunotia impressa*) указывают Fe. Weiss (1871); Schneider (1897); Molisch (1926) находили в диатомовых скопление Fe в органической основе скелета, причем некоторые виды показывали очень сильную реакцию на присутствие Fe (*Pinnularia*, *Navicula*, *Nitschia* и т. д.), а другие – слабую (*Fragillaria*, *Synedra*, *Gomphonemus*). Richter (1911) и Sjösted (1921) находили скопления Fe в *Cocconeis scutellum* var. *ornata* и *C. pediculus* var. *baltica*. Обычно же в золе диатомовых находится от 1 до 5% Fe₂O₃, или от 0.5 до 2.0% на сухое вещество (см. табл. 86, 87). Thompson, Bremner, Jamieson (1932) наблюдали, что при стоянии пробы морской воды Fe из нее исчезало: почти нацело захватывалось диатомовыми. Поэтому с глубиной (ниже горизонта нахождения диатомовых) в морской (отфильтрованной) воде Fe становится больше.

Cooper (1937b) в *Coscinodiscus excentricus* нашел Fe/P равным 1.0. Примерно такое же отношение Fe/P он нашел в смешанном планктоне из Ла-Манша (1939), а в планктоне по преимуществу из диатомовых (1934) это отношение было равно 4.2–4.4. По нашим данным, отношение Fe/P в диатомовых колеблется обычно около 0.5 и ниже. Haguey на основании исследований потребления Fe и P диатомовыми в культурах нашел, что отношение Fe/P, например, у *Lauderia borealis* равно 25/360, а у *Nitschia* – 1/175 (?). Очень вероятно, что в разных местах моря, в зависимости от физико-химических условий, в разное время года эти отношения Fe/P несколько изменяются. Во всяком случае, это отношение значительно ниже (<1) у зоопланктона, чем у фитопланктона (см. табл. 87).

Peklo (1909) показал, что вокруг тела диатомовых, в частности *Cocconeis pediculus*, иногда образуются стяжения Mn, по-видимому, в виде его гидрата или карбоната. Отложения Mn под микроскопом видны в виде темной каймы вокруг диатомовых до 6.5 μ ширины. Водоросли, на которых эпифитом живет *Cocconeis* (например, *Cladophora fracta* f. *marina*), приобретают темную окраску, хотя сами Mn не содержат. Molisch (1926), просмотрев большое число красных и бурых водорослей Тихого океана, берегов Японии, убедился в постоянном нахождении *Cocconeis*, концентрирующего Mn на разнообразных видах водорослей. Заметим, что концентрация Fe и Mn, поскольку это известно сейчас, совершается преимущественно формами, живущими эпифитно. Существование подобных диатомовых эпифитов приводит к концентрации Fe и Mn в субстрате, на котором они живут. Отсюда возможность обогащения этими элементами организмов-хозяев после их гибели, что наблюдал Sjöstedt (1921) в мертвом *Gammarus*, на котором продолжали жить *Cocconeis*.

В тех же каспийских диатомовых нами были найдены следующие количества Mn (в сухом веществе):

<i>Rhizosolenia</i>	(1934)	$4 \cdot 10^{-5}\%$
	(1935)	$5 \cdot 10^{-5}\%$
	(1935)	$4 \cdot 10^{-5}\%$
	(1935)	$7 \cdot 10^{-5}\%$
<i>Coscinodiscus</i>	(1938)	$2.4 \cdot 10^{-2}\%$

Исключительно высокое содержание Mn обнаружено у вида *Coscinodiscus* – до $2.4 \cdot 10^{-2}\%$. В воде окиси Mn содержится около $n \cdot 10^{-7}\%$, т. е. диатомовые значительно концентрируют Mn. Thomson, Wilson (1935) в золе планктона из Пьюджет-Саунд, по-видимому, состоящего из диатомовых, нашли 0.07% Mn, т. е. около

$n \cdot 10^{-20}\%$ Mn на сухое, что близко подходит к найденному нами содержанию Mn в *Coscinodiscus*. На содержание Mn в диатомовых указывал Bradley (1910b). Соопер (1935, 1939) определил относительное содержание Mn в диатомовом планктоне из *Rhizosolenia*, которые содержали наибольшие количества марганца по сравнению с другими планктонами³⁸.

Наконец, в наших образцах диатомового планктона были обнаружены спектроскопически еще следующие металлы – Cu, Ti и цирконий³⁹.

О щелочных элементах известно, что без Na диатомовые в культуре не развиваются. Kolbe (1932) считал, что диатомовые являются указателями концентрации NaCl. Murray (1908) высказался в том смысле, что диатомовые развиваются главным образом у выходов рек в море, в областях с пониженной соленостью.

Weevers (1911) нашел гистохимически в *Navicula*, *Gomphonema*, *Licmophora* значительное количество калия.

Из галоидов неожиданно высоким оказалось содержание иода в диатомовых. Среди Centricae морские виды содержат около $10^{-20}\%$ иода, в то время как в морской воде его $5 \cdot 10^{-60}\%$.

Gautrier (1899a, b) в органическом осадке из одного литра морской воды (около 0.01 г) из Ла-Манша, состоящего в значительной части из диатомовых *Coscinodiscus*, *Melosira*, *Camphylodiscus* и др., нашел 0.52 мг иода, органически связанного, при общем содержании в 1 л воды 2.32 мг иода. В воде Средиземного моря в 1 л содержится 0.286 мг иода – связанного [sic].

Качественные указания на присутствие иода в диатомовых дал Babiу (1913). Еще более убедительным фактом, указавшим на концентрацию иода диатомовыми, явился анализ Closs (1931) отцентрифугированного планктона из Осло-фьорда, по определению Grand, состоящего из диатомовых. Closs (1931) нашел в нем 38.08 мг иода в свежей пробе, или 230.91 мг иода в 1 кг сухого, причем 25.97% извлекалось спиртом и 3% – H₂O. По нашим данным, в диатомовом планктоне, состоящем главным образом из *Skeletonema*, *Chaetoceras* и разных *Thalassiothrix* из Екатерининской гавани, находилось $3 \cdot 10^{-3}$ в 100 г сухого остатка. Недавние определения дали следующие результаты для иода (в % сухого вещества):

<i>Rhizosolenia</i>	Каспийское море	$7 \cdot 10^{-3}$	Виноградов, 1939
		$6.2 \cdot 10^{-2}$	Тот же
		$5.6 \cdot 10^{-2}$	"
		$1.1 \cdot 10^{-2}$	"
		$1.25 \cdot 10^{-2}$	"
<i>Diatomeae</i> (?)	Зейдер-Зее, Голландия	$1.0 \cdot 10^{-2}$	Reith, 1929

Cameron (1914, 1915) не нашел иода в *Melosira*⁴⁰. Количество иода в диатомовых то же, что и в богатых иодом водорослях, как, например, Phaeophyceae. Из этого следует, что диатомовый планктон играет огромную роль в миграции иода в море. В питании многих планктоноядных животных это должно иметь важное физио-

³⁸ Диатомеи имеют отношение Mn/P < 0.01; *Rhizosolenia* – < 0.02, в то время как в зоопланктоне это отношение было < 0.0008. Зная содержание P в диатомеях (см. табл. 85), можно предположить, что планктон Соопер'а содержал около $10^{-30}\%$ Mn в сухом веществе.

³⁹ Zr [sic!] – возможно опечатка. Следует считать Zn.

⁴⁰ Или во всяком случае было меньше $10^{-30}\%$ сухого остатка. См. у Fellenberg (1929); Neumann (1925) указывает нахождение в морской воде связанного иода (нерастворимого в воде, очевидно находящегося в планктоне).

логическое значение (см. гл. XXI). Об обогащении грунта моря иодом детрита мы указывали в свое время.

Gautier (1902) первый указал на нахождение As в морском планктоне, причем в количестве, не поддающемся точному определению (и в виде As-органических соединений в морской воде – 0.0008 мг As в 1 л морской воды). Косвенно на содержание As в диатомовых указывают анализы Orton (1924) устриц, питавшихся диатомовыми. По его данным, сетяной планктон содержит 0.0066% As_2O_3 !

Из этих далеко не полных сведений о составе диатомовых следует все же, что их химический элементарный состав резко отличен от состава других водорослей и микроорганизмов планктона; например, по содержанию SiO_2 они занимают исключительное положение, затем по богатству иода, отчасти Fe, может быть, As, и наоборот, по низкому содержанию ряда других элементов (Ca, Mg, S?). Существует ли различие в составе отдельных видов диатомовых? Из приведенных анализов положительного ответа мы не можем дать, так как все они почти без исключения относятся к так называемым монотонным диатомовым планктонам, где наряду с преобладающим видом присутствуют еще и другие. Требуются анализы отдельных видов. Из косвенных наблюдений – различие во времени появления отдельных форм, массивность панциря, время его образования, количество зольного остатка и т. д. – говорят, несомненно, о существовании видового характерного состава.

Глава IV ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ МОРСКИХ БАКТЕРИЙ

Геохимическая роль бактерий в море весьма значительна. Выяснению этой роли мы обязаны работам экспедиционным и лабораторным, усилившимся за последние 10–15 лет. Бактерии в море участвуют в многочисленных геохимических процессах (табл. 88). Обмен вещества в море без бактерий немислим. В настоящее время известны бактерии, связанные с обменом кальция, например, осаждающие CaCO_3 (*Bacteria calcis* и мн. др.)¹, концентрирующие железо, марганец, алюминий², кремний, в то время как другие концентрируют ванадий и участвуют в фосфорном обмене. Некоторые фиксируют азот, восстанавливают нитраты, нитриты и другие соединения азота, соединения селена и т. п., связанные с обменом серы. Большое число видов бактерий участвует в разрушении разнообразных органических соединений углерода. Многие из названных бактерий ныне найдены в море³.

Химический элементарный состав морских бактерий не изучался, либо известны лишь качественные наблюдения⁴. Так, указывалось нахождение в некоторых бактериях аморфного кальция карбоната (например, в пурпурных бактериях). Железобактерии долгое время не были обнаружены в море. Впервые они были указаны Буткевичем (1928) для илов, железомарганцевых конкреций из Баренцева моря, а именно морская форма *Gallionella*⁵, в теле которой наблюдалась качественно концентрация гидрата окиси железа и гидрата закиси железа. По-видимому, та же форма была найдена Перфильевым и Исаченко в грунтах Черного моря. В какой мере названные бактерии связаны с образованием железомарганцевых конкреций в морях, остается еще не вполне ясным.

Интересно отметить ряд указаний о нахождении в телах Fe-бактерий кремнекислоты и одновременно о нахождении в настоящее время бактерий, концентрирующих $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Вновь на этот процесс обратил внимание Brussoff (1933). Более ранние указания см. у Надсона (1900, 1903). В морских грунтах (Каспийское море) были указаны подобные кремниевые бактерии Мальянц (1933). На процесс концентрации SiO_2 бактериями не обращалось еще достаточного внимания, а размеры его (в море, например) неясны.

Капли серы указывались многими в различных серобактериях моря. Однако о характере состояния серы в S-бактериях – вопрос не решенный. Deines считает ве-

¹ О бактериальных осадках кальция карбоната см. Andrée (1909), Twenhofel (1932) и др. См. большую литературу по вопросу об отложении аморфного CaCO_3 при участии бактерии в море.

² Предполагаемая аккумуляция Al в *Crenothrix* несколько сомнительна; существование ванадиевых бактерий, несомненно, вытекает из аккумуляции V в некоторых органогенных осадочных породах.

³ Библиография морских бактерий приведена Bohart (1927). Об участии в образовании органического вещества илов, отношении к нефтеобразованию см. специальную литературу. См. также ZoBell (1946).

⁴ Химический состав бактерий частью сведен Buchanan, Fulmer (1928); еще полнее см. картотеку Биогеохимической лаборатории Академии наук СССР.

⁵ Он различает *Gallionella reticulosa* в Белом море и *G. tortuosa* в Печорском море. FeS указано в теле серобактерий – *Microspira* Исаченко. Thiel (1925) указывал на осаждение Mn^{2+} в грунтах при помощи бактерий грунта и, возможно, низших грибов.

роятным нахождение, например, в *Beggiotoa* полисульфидов политионовых кислот. Анализы относятся к пресноводным формам (по анализу Е. Кубовец, до 80% S на сухое вещество некоторых бактерий)⁶. См. анализ у Ellis (1919, 1932) (Fe, органическое вещество) и у Meyer, Buchanan, Falmer (1928); Bavendamm (1932).

Таблица 88

Элемент	Процесс	Организмы
C, H, O	Разложение органического вещества: с высвобождением в результате окислительного метаболизма CO ₂ , H ₂ O с освобождением при меньшем окислительном метаболизме CO, CH ₄ , H ₂	Многочисленны
	Использование CO в качестве источника энергии " CH ₄ " " " H ₂ " "	Carboxydomonas Methanomonas Hydrogenomonas
N	Фиксация углерода CO ₂	Фотосинтетические зеленые и пурпурные бактерии
	Разложение с образованием NH ₃	Очень многочисленны
	Окисление NH ₃ до NO ₂ Окисление NO ₂ до NO ₃ Восстановление NO ₂ и NO ₃ Фиксация N ₂	<i>Nitrosococcus</i> , <i>Nitrosomonas</i> Многочисленны <i>Nitrobacter pasterianum</i> , <i>Rhizobium</i> (в симбиозе)
P	Разложение с образованием PO ₄ ³⁻ Восстановление PO ₄ ³⁻ до PO ₃ ³⁻ , PO ₂ ³⁻ и PH ₄	Очень многочисленны Отмечено Barrenscheen и Beckh-Widmanstetter (1923), Рудаков (1927)
As	Восстановление As ₂ O ₃ до AsH(CH ₃) ₂ и As(CH ₃) ₃	Возможно, некоторые бактерии, наверняка плесневые <i>Scopulariopsis brevicaulis</i> (см. Challenger, Higginbottom и Ellis, 1933; Challenger, 1945)
S	Разложение с образованием H ₂ S Окисление H ₂ S, S, S ₂ O ₃ ²⁻ , S ₄ O ₆ ²⁻ до SO ₄ ²⁻ Окисление при фотосинтезе Восстановление SO ₄ ²⁻ , SO ₃ , S до H ₂ S	Многочисленные <i>Thiobacillus</i> и др. пурпурные и зеленые серобактерии <i>Desulfovibrio Micrococcus selenicus</i> :
Se	Окисление H ₂ Se, восстановление селенита и селената	факультативно и нефункционально в некоторых других обычных бактериях
Fe	Окисление Fe ²⁺ до Fe ³⁺	<i>Spirophyllum</i> , <i>Leptothrix</i> (избирательно), <i>Gallionella</i>
Mn	Окисление Mn ²⁺ до MnO ₂	<i>Leptothrix</i> , <i>Crenothrix</i> и др.
Al	Осаждение Al ₂ O ₃	<i>Crenothrix</i> (?)
Ca	Осаждение CaCO ₃	<i>Pseudomonas calciprecipitans</i> и, возможно, многие другие бактерии
Si	Осаждение SiO ₂	<i>Bacillus siliceus</i>

⁶ См. об ископаемых бактериях (серобактериях). См. о сероводородной зоне Черного и других морей.

Brenner (1916) описал селеновые бактерии (*Micrococcus selenicus*) из грунтов Кильской бухты, восстанавливающие селеновые и другие соединения. Насколько их жизнедеятельность специфически связана с нахождением селена в грунтах морей, неясно.

Известны также бактерии, которые приводят к восстановлению соединений теллура и мышьяка⁷.

Как правило, протоплазматическая оболочка бактерий состоит из пектина, протеина и другого органического вещества.

⁷ Для морских бактерий, ответственных за метаболизм меди, см. Waksman, Johnstone, Carey (1943).

Глава V ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ *ZOSTERA* И ДРУГИХ ЦВЕТКОВЫХ РАСТЕНИЙ МОРЯ

Zostera и *Posidonia*¹ принадлежат к высшим цветковым растениям (Potamogetonaceae), живущим в море. *Zostera* образует во многих местах у берегов моря заросли так называемой морской травы. *Zostera marina* встречается на нашем Тихоокеанском побережье СССР, в Черном море, на норвежском берегу и в других местах океана; в Средиземном море, кроме *Zostera marina* и *Z. nana*, также *Cymodocea nodosa*, *Posidonia oceanica*. Эти организмы являются вторично морскими, а их химический состав резко отличается от состава большинства морских водорослей, хотя всегда заметно влияние среды.

Zostera marina и *Posidonia oceanica* в свежем состоянии содержат до 85% H₂O, количество которой в них в течение сезона колеблется. Органическое вещество гибнущей *Zostera* (например, по берегам Дании и др.) дает органический детрит грунта, и количество его, как показали Petersen, Boysen-Jensen (1911), отражается на богатстве фауны дна моря.

Для *Zostera* мы имеем определения не только содержания азота, но и углерода (табл. 89). Содержание азота, по Boysen-Jensen (1915), изменяется в зависимости от окраски (рис. 1), связанной с возрастом *Zostera marina*. Rørdam находит уменьшение N под осень, но, по Wheeler, Hartwell (1893), у зимней *Zostera* почти в два раза меньше N, чем у летней. Содержание золы также претерпевает колебания в течение сезона. О содержании золы в *Zostera* см. у Boysen-Jensen (1915); Brandt, Raben (1919–1922); Sengusch (1894).

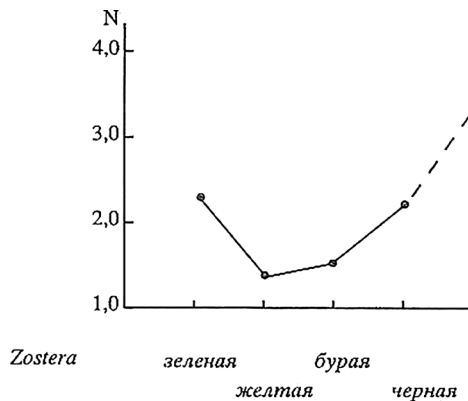


Рис. 1. Содержание N в *Zostera* в различных стадиях (в % сухого вещества)

Зола содержит много хлористых щелочей и щелочных земель и значительно меньше сульфатов, чем отличается от состава золы большинства водорослей (Pheophyceae и Rhodophyceae). Золы в сухом веществе – 15–25%. В *Zostera* содержание K невысокое и, вероятно, подавлено Na, хотя

¹ Кроме того, в море встречаются *Thalassia*, *Cymodocea*, *Ruppia*, но анализов их почти нет.

у Bertrand, Perietzeanu (1927c) в одном опыте со щелочами в *Zostera marina* К оказалось 19.42%, а Na – 16.78% в золе. Содержание обычных элементов в *Posidonia* и *Zostera* не представляет каких-либо особенностей (табл. 90).

Отмечают иногда преобладание Mg над Ca (анализы Vincent, 1924; см. Wheeler). Отношение Ca/Mg в основном значительно выше, чем в водорослях, которые не аккумулируют CaCO₃; содержание Ca примерно такое же, как у пресноводной флоры. По определениям Stoklasa (1922), высокое содержание Al находится в морских травах. Откуда они получают Al – из воды или через корни из грунта? Этот вопрос нелишний, если вспомнить о таком же большом содержании Al в водорослях, питание которых, как всегда считали, идет исключительно путем извлечения веществ слоевищем из морской воды. Vaudrimont (1862) нашел 0.27% Al₂O₃ в золе *Zostera*².

Количество Fe₂O₃ достигает 5–10% в золе *Zostera* (помимо данных, приведенных прежде; см. главу о Fe в водорослях).

Из других металлов был найден в значительном количестве (несравнимом с содержанием в морских водорослях) Mn. По Forchhammer (1844), до 4% в золе *Zostera* MnO. Он указан был Gumbel (1871), а также у Itallie, Zande (1916); по Marcelet (1913), $1.6 \cdot 10^{-20}$ % Mn содержится в листьях и $6 \cdot 10^{-30}$ % – в корнях *Posidonia*³.

Forchhammer (1844) открыл B, Co и Ba качественно в *Zostera*, а Zn до 0.028% в золе. Itallie, Zande (1916) указали в *Zostera* Cu, Ba, B, Zn, Sr, Li, иод и другие обычные элементы. Hotter (1890) указал в золе *Zostera* присутствие В. Аносов нашел стронций в *Zostera nana* из Каспия.

В нашей лаборатории были исследованы на редкие элементы *Zostera marina* из Черного моря и *Z. nana* и *Ruppia spiralis* из Каспийского моря. Д. Малюга (1941, 1946) нашел следующие количества Ni, Co и Cd (в % сухого вещества):

	Co	Ni	Cd
<i>Zostera marina</i>	$3 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$2.3 \cdot 10^{-5}$
<i>Z. nana</i>	$1.5 \cdot 10^{-5}$	$1.3 \cdot 10^{-5}$	–
<i>Ruppia spiralis</i>	$6.6 \cdot 10^{-5}$	$8.2 \cdot 10^{-5}$	–

Таблица 89
Содержание С, Н, N в *Zostera* (в % сухого вещества)

Вид	Число анализов	С	Н	N	Место сбора	Автор
<i>Zostera marina</i>						
зеленая	–	33.9	–	2.25	Фьорды Дании	Boysen-Jensen, 1915
бурая	–	30.7	–	1.5	То же	Тот же
январь	7	32.3	–	1.55	"	"
зимняя	1	–	–	1.53	"	Rørdam, 1913
летняя	1	–	–	2.57	"	Тот же
июль	3	38.5	5.95	2.75	Вблизи Кильского берега	Brandt, Raben, 1919–1922

² Hutchinson, Wollack (1943) согласились частично с Vaudrimont и полностью опровергли утверждения Stoklasa о высоком (>7%) содержании Al в золе этих растений. Они получили для *Ruppia maritima* var. *obliqua* не более чем 0.36% Al и для *Zostera marina* – не более чем 0.24% Al в золе.

³ См. Scheele о Mn в растениях (1774a).

Таблица 89 (окончание)

Вид	Число анализов	C	H	N	Место сбора	Автор
	–	–	–	2.87	Балтийское море	Vibrans, 1873
	–	–	–	1.55	Бретань, Франция	Vincent, 1924
	3	–	–	1.85	–	Wheeler, Hartwell, 1893
	–	–	–	2.14	О-в Эзель	Sengbusch, 1894
	–	–	–	0.71	Средиземноморье	Barinu-Banchi, Ridolfi, 1943
<i>Zostera augustata</i>						
летняя	–	–	–	2.23	Адриат. море, лагуны Венеции	Sestini, 1878
	–	–	–	1.52	Дания	Rørdam, 1913
<i>Zostera nana</i>	–	–	–	1.64	Берег Алжира	Müller, 1894

Таблица 90
Химический элементарный состав *Zostera* и других растений (в % золы)

Вид	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	SO ₃	P ₂ O ₅	Cl	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	SiO ₂	Место сбора	Автор
<i>Zostera marina</i>	11.36	5.21	1.62	30.13	3.12	5.43	15.12	1.88	25.41	–	Boudrimont, 1862
	19.51	5.40	1.93	4.28	4.88	4.99	20.56	4.28	19.00	–	Sestini, 1875
	17.13	9.56	2.77	33.48	4.40	3.34	25.67	0.55	8.33	Балтийское море	Vibrans, 1873
	0.97 ¹	0.95 ¹	0.54 ¹	0.32 ¹	2.0 ¹	0.36 ¹	–	(0.12) ¹	–	Бретань, Франция	Vincent, 1924
	–	–	–	12.32	–	12.05	–	2.84	13.44	Киль, Германия	Brandt, Raben ² , 1919–1922
	15.67	14.62	8.65	9.00	13.0	4.38	26.85	2.34	(5.2) ³	Балтийское море вблизи о-ва Эзель	Sengbusch, 1894
<i>Zostera nana</i>	14.19	14.88	3.54	20.91	10.53	2.30	17.48	6.30	10.11	Берег Алжира	Müller, 1894
<i>Posidonia oceanica</i>	(5.0)	5.7	17.80	38.60	14.60	0.60	(3.2)	0.30	3.7	То же	Chancel, 1899
листья	13.01	9.18	4.92	39.40	6.28	4.04	16.54	5.52	6.29	"	Müller, 1894
корни	17.81	12.65	5.19	14.57	10.85	2.12	22.65	5.96	8.24	"	Тот же
бурая	12.40	1.28	14.96	40.60	4.89	1.92	2.16 ²	8.97	12.81	Адриатическое море	Sestini, 1875
зеленая	8.61	4.07	14.50	36.90	3.05	2.55	1.84 ¹	7.62	20.86	То же	Тот же

¹ В % сухого вещества.
² Анализы Stiehr.
³ SiO₂ вместе с песком.

Таблица 91
Содержание иода в *Zostera* и других цветковых растениях

Вид	Число анализов	% иода в живом веществе	% иода в сухом веществе	% иода в золе	Место сбора	Автор	
<i>Zostera marina</i>		–	0.148	–	–	Baudrimont, 1862	
		–	0.0005	–	–	Sarphati, 1834	
		–	0.0457	–	–	Stanford, 1877	
		–	0.002	–	–	Атлантический берег Канады	
		–	0.0019	–	–	Италие, Zande, 1916	
	2	–	–	0.127	–	Северная Африка	Losano, Croce, 1923
		0.14	0.089	–	–	Бретань, Франция	Vincent, 1924
	зеленая	0.0009	0.00619	–	–	Осло-фьорд	Closs, 1933
	бурая	0.0049	0.035	–	–	То же	Тот же
		0.0008	–	–	–	Берег Швеции	Kylin, 1929
	–	0.165	0.42	–	Балтийское море	Vibrans, 1873	
	–	–	–	0.1	–	Cassola, 1822	
2	–	–	–	0.09	–	Тихоокеанское побережье	Лясота, 1928
	–	0.0005	–	–	Морская биол. станция Сето (Япония)	McClendon, Takeo Imai, 1933	
5	–	0.0023	–	–	Черное море – заливы	Комаровский, Тюльпина, Фишер, 1933	
<i>Zostera nana</i>	–	–	0.0002	–	То же	Те же	
<i>Holophila euphlebia</i>	–	–	0.0003	–	"	"	

Иными словами, отношение Co/Ni близко к единице, что как будто бы указывает на концентрацию кобальта. Т. Глебович (1941) определила в тех же растениях соответственно 0.075; 0.091 и 0.021% бора в сухом веществе. Наконец, Т. Боровик-Романова (1944) показала содержание в них рубидия (см. табл. 70). В золе *Zostera nana* содержалось 0.036% бария. Stark (1943) обнаружил $1.7 \cdot 10^{-5}\%$ золота в сухой *Posidonia* из Средиземного моря.

Содержание P и S в водорослях обычно в отношениях 1 : 5 или 1 : 10 ($\text{SO}_3 : \text{P}_2\text{O}_3$), тогда как у *Zostera* и других цветковых это отношение близко к 1 : 2 и 1 : 1, подобно отношению у большинства, например, водных растений суши (см. анализы Brandt, Raben, 1919–1920). Иными словами, содержание S у цветковых моря значительно ниже, чем у водорослей, а содержание P несколько выше. К сожалению, определения SiO_2 в *Zostera* проводились Gonnermann (1919) вместе с песком, поэтому результаты неточны, хотя морские цветковые содержат много SiO_2 отчасти вследствие прибрежного обитания и обрастания их микрофлорой.

Из металлоидов Marcelet (1913) нашел до $4.5 \cdot 10^{-5}\%$ As в листьях и $3.5 \cdot 10^{-5}\%$ в корнях на сухое вещество в *Posidonia oceanica*. Вг отмечался в них постоянно.

Baudrimont (1862) нашел следы Br в *Zostera marina*; Losana, Croce (1923) – 0.061% Br в золе той же *Zostera*. Иод был открыт в *Zostera Cassola* (1822), затем Ballard (1825), Sarphati (1834), Thesen, Dickie (1844). См. в таблице 92 некоторые данные о количестве иода в *Zostera*. Иод указан в *Posidonia* и других морских цветковых растениях. Cameron (1914, 1915a) нашел иода больше в корнях *Zostera* (до 0.013%), чем в листьях (нет ли тут связи с грунтом?). В общем, количество иода в *Zostera* мало и не превышает его содержания в видах водорослей из Phaeophyceae, бедных иодом (например, Fucaceae), и, судя по данным, подвержено колебаниям.

По содержанию целлюлозы и лигнина морские цветковые растения отличаются от других морских организмов.

Глава VI ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ PROTOZOA

В море, как и на суше, мы всюду встречаемся с бесчисленными Protozoa: в морской воде – в планктоне, на дне моря – в грунте, на наружных покровах морских животных, на водорослях, наконец, в качестве паразитов в тканях внутри организмов и т. д. Геохимическая роль Protozoa не ограничивается участием в образовании известных мощных известковых отложений или кремнезема, а также, например, глобигеринового или радиоляриевого ила, занимающего, кстати сказать, около половины всей поверхности дна океана¹, что более или менее хорошо изучено и о чем много можно найти в специальной литературе, известны еще и другие породы, к образованию которых имеют отношения Protozoa. Всевозможные биохимические процессы так или иначе связаны в море с жизнью Protozoa. Все, что известно об их химическом составе (а это лишь данные о составе скелетов Foraminifera, еще далеко также не полно изученных) и то достаточно убедительным образом, как мы сейчас увидим, свидетельствует о многообразии химических процессов, в которых Protozoa принимает участие. Область этих процессов, вероятно, еще шире, чем это нам сейчас представляется. Анализ раковин Foraminifera появился в результате интереса, который был проявлен исследователями к вопросу о происхождении морских известковых отложений, в частности глобигеринового ила и т. п. Анализы для других Protozoa единичны или неизвестны вовсе. О составе некоторых Flagellata² см. главу III.

Хотя существуют бесскелетные Rhizopoda, такие как *Amoeba*, многие из них имеют органические стенки, в некоторой степени импрегнированные минеральным веществом псевдохитином, часто присутствующим в виде цемента.

На основе определенных свойств этого органического вещества в Rhizopoda и др. Protozoa, Radiolaria, Heliozoa и Flagellata установлено, что этот материал не имеет никакого отношения к хитину, поскольку дает протеиновую реакцию (см. у Аверинцева, 1907 о протеине в раковинах Foraminifera). Вплоть до настоящего времени никаких полисахаридов с NH₂-группами, кроме хитина, не было выделено из покровных стенок и скелетных тканей беспозвоночных. Конхиолин, корнеин, спонгин, фиброин и подобные им вещества из биссуса и аналогичного материала скелетных тканей беспозвоночных – все относятся к склеропотеинам, которые содержат 15–18% азота, в то время как в хитине его всего 6% (см. табл. 96). Таким образом, количественное определение азота в скелетном материале Rhizopoda и других организмов должны нам дать точное представление о типе органического вещества их скелета. Поскольку скелеты Rhizopoda состоят из протеинов, следует относить эти организмы к группе, характеризующейся тканями, построенными на

¹ Красная глина	133 975 000 км ²	Радиоляриевый ил	5 957 000 км ²
Глобигериновый ил	128 824 000 км ²	Птероподовый ил	1 000 000 км ²
Диатомовый ил	28 300 000 км ² .		

² Некоторые анализы проводились на так называемых протоплазменных Мухомycetes, *Fuligo varians*, *Reticularia lycoperdoa* и *Lycogala epidendron*, которые содержат протеин. Их состав близок составу Rhizopoda. *Plasmodiophora brassica* имеют хитиновый покров и, вероятно, должны быть отнесены к той же таксономической группе, что и Archimycetes. Все они являются наземными видами. См. Panzer (1911) – анализы *Goussia godi* (Coccidium, Sporozoa) и *Fuligo aethalium* (Мухомycetes).

основе протеинов, а не к организмам, скелеты которых содержат углеводы, хитин, целлюлозу и т. п. *Amoeba*, которые, как правило, являются пресноводными организмами³, часто не имеют явной оболочки, но ряд форм обладают органическими скелетами; иногда на их поверхности накапливается чужеродный материал, например, кварцевые песчаные зерна в пресноводных *Euglypha globosa*, *Nebela collaris* и *Mallomonas*. Подобные агглютинатные формы Rhizopoda, иногда выделяемые в отдельную группу, близки по своей структуре и химическом составу Foraminifera, которые и имеют органический скелет (см. табл. 95). Мимоходом следует отметить, что вакуоли пресноводной *Arcella* содержат кислород (Bles, 1929).

1. Foraminifera

В систематике этих организмов большое значение имеет строение раковины (их скелета). По мнению американских специалистов, внутренняя структура раковин указывает на известное генетическое родство. Очень часто выдвигался химический состав раковин в качестве опознавательного признака. Недавние анализы глубоководных илов пролили свет на состав Foraminifera. Correns (1937) показал, что количество CaCO_3 в илах часто пропорционально числу раковинок Foraminifera. В этих отложениях структура известкового скелета, называемая кальцитовою призмой, хорошо сохраняется, так как псевдохитин предохраняет раковинки от агрессивного воздействия морской воды. D'Orbigny положил начало разделению Foraminifera на имеющих известковую раковину и сложенную (сцементированную) из частичек песка или зерен кварца и других минералов, известковых частиц раковин, спикул губок, таких как рутил (окись титана) в *Bathysiphon*, и из других скелетных частиц Protozoa. D'Orbigny (1826), Schulze (1856), Reuss (1859), а потом и многие другие описали подобные песчаные, или агглютинирующие, формы Foraminifera. Это деление на известковые и песчаные (агглютинирующие)⁴ сохранилось в целом и сейчас.

Было замечено, что Foraminifera в известных случаях изменяют свою раковину. Изменяются не только величина и толщина ее, но и химический состав. Некоторые виды, например, в пресной воде теряют минеральный скелет, как-то *Polystomella*⁵, *Rotalia beccarii*. Другие на больших глубинах в море заменяют известковую раковину на песчаную, что, возможно, вызывается растворяющим действием морской воды под высоким давлением на известковую раковину Foraminifera и другие виды (*Miliolina*). Таким образом, среди Foraminifera в связи с изменением условий существования встречается так называемый «изоморфизм» скелетов – совершенно одинаковые формы имеют разный по химическому составу⁶ скелет.

Наконец, известны формы наполовину песчаные, наполовину известковые (*Endothyra*). Поэтому некоторые известковые и песчаные формы, по мнению специалистов, ближе стоят друг к другу, чем, например, некоторые известковые формы между собой. Это нисколько не умаляет значения химического состава раковин Foraminifera для генетических сопоставлений, а показывает лишь разнообразие путей, которыми может идти их эволюция.

³ *Trichosphaerium sieboldi* является морской формой, известны и многие другие, однако они точно не диагностированы.

⁴ Помимо того, известны Foraminifera с чисто органическим скелетом (белок – псевдохитин?).

⁵ Имеет известковый скелет.

⁶ Cushman (1940) полагает, что данные определений кремня в Miliolidae основаны на ошибках идентификации. Он предполагает утолщения органического слоя в подобных организмах в солоноватых водах.

Прежде познакомимся с составом песчаных Foraminifera, которые, имея органический (близкий по свойствам к хитиновому) скелет, агглютинируют песчинки и т. п. тела.

Песчаные Foraminifera. Сборы Foraminifera Челленджеровской экспедиции были первым материалом, химически обработанным. В работе Brady (1884) приводятся анализы Wright и Dunn для Foraminifera, относящиеся к двум семействам – Astrorhizidae и Lituolidae из Атлантического океана. К этим анализам в 1911 г. Fauré-Fremiet присоединил ряд определений Ca и Fe для видов тех же семейств из Средиземного моря (табл. 92). В основе минеральной части скелета этих Foraminifera находится SiO_2 (песчинки и т. п.), сцементированные CaCO_3 , гидроокисью (или карбонатами) Fe и органическим веществом⁷. Содержание кремнезема в песчаных формах высокое. Очень вероятно, что в скелетах некоторых из них мы имеем гидраты кремнезема, образовавшиеся путем выделения их организмами, а не путем агглютинации кремниевого материала извне. Из песчаных форм были описаны Foraminifera, имеющие своеобразные правильные скелетные элементы, содержащие SiO_2 (псевдокварц Penard), например, Rhumbler (1892) – для *Ammochilostoma pauciloculata*, Allogrammiidae, являющихся переходными от песчаных форм к собственно кремневым. У Аверинцева см. нахождение подобных элементов из кремнезема в *Nebela* и других пресноводных видах.

Цемент (в неорганической части скелета) у песчаных видов представляется смесью гидрата окиси Fe и CaCO_3 в разных пропорциях. Железо находится, как думал Fauré-Fremiet (1911), в закисной форме и, вероятно, в виде карбоната⁸. Brandy (1884) считал его $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Процесс выделения этого железа и CaCO_3 является активным физиологическим процессом у Rhizopoda. Fauré-Fremiet находил Fe в их цитоплазме. Rhumbler (1897) несколько раньше также показал качественно присутствие Fe (а также и S) в песчаных Foraminifera. Концентрация Fe в скелете песчаных Foraminifera особенно велика у двух видов – *Haplophragmina* и *Cyclamina*. В некоторых областях трубки Foraminifera покрывают дно на огромных пространствах. Например, в Баренцевом море, по данным экспедиций на «Персее», они распространены в западной его части (см. Горошкова), образуя сплошной слой в несколько сантиметров. Нам приходилось иметь рабдаминозный грунт из Баренцева моря, со ст. 1119 э/с «Персей». По нашим данным, свежие трубки *Rhabdammina*, собранные из указанного грунта, имели 2.40% Fe_2O_3 в золе⁹, Т.П. Горшкова в подобном же грунте находила много Fe_2O_3 . Очевидно, мы имеем в областях распространения этих организмов и биохимическое обогащение ила железом. Rhizopoda играют здесь роль, аналогичную железобактериям, образующим железомарганцевые конкреции в море.

В песчаных Foraminifera Fauré-Fermiet (1911) находил еще Mn, а Brady (1884) – Al. Нами находился марганец, алюминий, а также и титан¹⁰. Ш.Е. Каминская (1937) определила в тех же *Rhabdammina* $3 \cdot 10^{-20}\%$ Ti в золе (или $1.5 \cdot 10^{-20}\%$ Ti на сухое

⁷ Характер материала, агглютинируемого песчаными Foraminifera, меняется в зависимости от осадков дна. Однако распространение этих Foraminifera, в свою очередь, связано с ними.

⁸ CaCO_3 находится, по-видимому, в виде кальцита (см. Lister, 1903; Stromer, Reichenbach, 1909), что позволяет допускать о нахождении железа в виде FeCO_3 , изоморфного кальциту. Проверки не было. Fe было качественно указано во многих пресноводных Foraminifera, см. Аверинцев, 1907 и Schneider, 1897.

⁹ В старых образцах трубок Foraminifera Fe_2O_3 было значительно больше.

¹⁰ Следует также упомянуть об экстраординарном явлении, связанном с *Bathysiphon argenteus*, в организме которой, согласно Disk (1928), регулярно встречаются мелкие игольчатые кристаллы рутила (TiO_2), очевидно привнесенные из титансодержащих сланцев. Наличие этих кристаллов сопровождается присутствием некоторого количества пластинчатого материала, растворимого в HCl.

вещество). Относительно высокое содержание Ti в *Rhabdammina* напоминает такое же содержание Ti в так называемых футлярах железобактерий. Вероятно, и в железных рудах органогенного происхождения мы должны встретиться с подобными же количествами титана¹¹. Накопление Fe у видов *Rhabdammina*, *Hyperammina* и др., несомненно, связано с особыми условиями в областях их обитания (вентиляция, рН и т. п.), что интересно с палеобиологической и систематической сторон¹².

Таблица 92
Химический элементарный состав песчаных Foraminifera (в % золы)

Вид	SiO ₂	CaCO ₃	Fe ₂ O ₃	Место сбора	Авторы
<i>Rhabdammina abyssorum</i>	94.7	2.9	2.4*	Северная Атлантика	Wright, Dunn (см. Brady, 1884)
	88.26	4.01	7.41	–	Те же
	–	1.9	2.40	Баренцево море	Виноградов, 1933
<i>Hyperammina friabilis</i>	93.63	3.95	2.02*	Северная Атлантика	Wright, Dunn (см. Brady, 1884)
<i>Haplophragmina latidorsatum</i>	76.1	7.3	16.3*	То же	Те же
<i>Cyclammina cancellata</i>	84.8	5.5	9.4*	”	”
	–	6.8	8.55	Монако, ст. 1017, 2717	Fauré-Fremiet, 1911
<i>Astrorhiza crassatina</i>	–	1.3	2.5*	То же	Тот же

*С небольшим количеством Al₂O₃.

Кремниевые Foraminifera. В песчаных формах Foraminifera, агглютинирующих зерна песка, кусочки от спикул губок, раковин и т. п. захватываются извне и цементируются при помощи органического вещества, а также соединений железа и кальция. Известково-магнезиальные формы имеют в скелетах кристаллы кальцита. Формы, о которых сейчас будет идти речь, – кремниевые – еще недостаточно изучены с этой стороны. Скелетные части их состоят из одного только кремнезема (и органического вещества) и имеют иногда форму скелетов известково-магнезиальных Foraminifera. Неясно отношение кремниевых к песчаным формам, к которым именуются переходы. Нужно думать, что скелетные элементы, содержащие SiO₂ или псевдокварц и опал (SiO₂ · nHO), вероятно, образуются биохимическим путем. Эти вещества в форме шариков одинакового размера, пластинок или подобных частиц выделяются как отдельное органическое соединение и образуют скелеты пресноводных Foraminifera, таких как *Euglypha globosa* и *Quadrula*. Rhizopoda описана так же, как имеющая однородный скелет опала. От песчаных форм они отличаются большим содержанием кремнезема.

О содержании SiO₂ в скелете заключали главным образом по оптическим свойствам скелетных элементов. Schmelck (см. Brady, 1884) приводит данные о содержании в *Biloculina ringeus* 10.6% SiO₂, в другом случае 7.61%, остальное CaCO₃.

¹¹ Содержание Ti в футлярах железобактерий по анализам Влодавца – 0.27% TiO₂. В железомарганцевых конкрециях – от 0.13 до 1.05% TiO₂ по данным разных авторов: Greiner, Gibson (см. Murray, Renard, 1891), Чурина, Горшкова.

¹² См. Аверинцева (1907) о нахождении Fe и SiO₂ в пресноводных корненожках, в частности у форм, имеющих в частях скелета SiO₂.

За SiO_2 был принят нерастворимый в кислоте остаток. В действительности же *Bioculina* – известковая форма (с 92.05% CaCO_3 в скелете), а присутствие нерастворимого остатка может быть объяснено загрязнением (раковины взяты были с морского грунта)¹³.

Других количественных анализов на SiO_2 нет. За последнее время, однако, появились отдельные указания на находки SiO в Foraminifera, а также и $\text{SiO}_2 + \text{CaCO}_3$. Penard впервые описал ряд форм с кремниевым скелетом, в том числе и пресноводную форму *Quadriella symmetrica*, имевшую кремниевый скелет. Этот скелет был, как он говорит, «изоморфен» скелету другой *Quadriella irregularis*, состоявшему из CaCO_3 . Аверинцев тогда же высказал мысль о конвергенции формы раковин различного состава. Chapman (1904) описал подобную же (неагглютинирующую) с SiO_2 -скелетом форму *Miliolina oblonga* var. *arenacea* и «изоморфную» ей с CaCO_3 – скелетом *M. oblonga*. Heron-Allen и Earland (1930) нашли целый род *Miliammima* с таковым же кремниевым скелетом, живущих в антарктических водах. Cockerell (1930) допустил, что *Miliolina* Chapman'a и *Miliammima* Heron-Allen и Earland – это один и тот же род. Однако при исследовании, произведенном последними авторами, оказалось, что *Miliammima* имеет раковину из трех слоев – внутреннего слоя, затем из CaCO_3 и наружного из гидрата SiO_2 , что неизвестно для *Miliolina*¹⁴.

Все это указывает на сложность химического состава некоторых раковин Foraminifera, относимых к кремниевым формам. Характер SiO_2 в этих Foraminifera неясен. Вероятно, это опал, т. е. $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, но точных данных так судить еще нет. Penard по внешнему сходству отдельных скелетных частиц SiO_2 у кремниевых Foraminifera назвал его псевдокварцем.

Известковые Foraminifera. Они делятся обычно на Perforata со стекловидной раковиной и Imperforata с непрозрачной фарфоровидной раковиной. Известковый характер их раковин был известен давно и неоднократно подтверждался многими исследователями, полагавшими, что раковины состоят из одного CaCO_3 . Действительный состав их выяснился после первых сделанных анализов Wright, Dunn (см. Brady, 1884), а затем Clarke, Wheeler (1922) и др. Все исследованные известковые Foraminifera содержат не только CaCO_3 , но иногда значительные количества MgCO_3 . Следовательно, эти Foraminifera должны быть отнесены не к известковым, а к магнезиально-кальциевым организмам. Содержание MgCO_3 достигает 12.52%, особенно у видов, живущих на дне моря. *Globigerina* и близкие к ним (по некоторым авторам, все одного семейства Rotulidae, Sphaeroidinae, Pulvinulinae и др.) имеют заметно меньше MgCO_3 (табл. 93), особенно находящиеся в планктоне¹⁵, например *Globigerina bulloides* и др.

¹³ См. ископаемые формы, известняки, их состав. Ср. содержание MgCO_3 , например, в нуммулитовых известняках с фузулиновыми и т. п.

¹⁴ Некоторые мезозойские и эоценовые ископаемые формы объединяют с *Milammima* в единое семейство Silicinidae (см. Cushman, 1940).

¹⁵ Ср. с содержанием Mg в других планктонных организмах (см. *Mollusca*). В ранней стадии раковинки Sphaeroidinae, Pulvinulinae и др., приведенные в таблице 93, похожи на *Globigerina*. Однако их относят к разным семействам. Имея в виду химический состав раковин, можно высказать мысль об их тесной генетической связи.

Таблица 93
Химический состав магнезиально-известковых и известковых раковин
Foraminifera (в % золы)

Вид	CaCO ₃	MgCO ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Форма	Место сбора	Автор
<i>Globigerina bulloides</i>	93.14	0.57	1.72	1.57	Perforata, планктонная	–	Brady, 1884
	91.32	0.30	2.72	1.83	Та же	–	Тот же
	92.54	0.87	1.25	1.36	"	–	"
<i>Pulvinulina menardii</i>	77.02	3.67	3.98	(15.33)	"	Ш. 40°34' N Д. 66°09' W	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Operculina complanata</i>	93.60	4.8	0.1	0.9	Perforata	–	Wright, Dunn (см. Brady, 1884)
<i>Sphaeroidina dehiscen</i>	84.38	1.79	4.94	8.89	"	Филиппинские острова	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Amphistegina lessonii</i>	92.85	4.9	Следы	0.3	"	Острова Зеленого Мыса	Wright, Dunn (см. Brady, 1884)
<i>Orbitolites complanata</i> var. <i>Laciniata</i>	86.46	12.52	0.68	0.58	Imperforata; донные	О-ва Фиджи, Тихий океан	Те же
	88.2	8.8	–	0.3	Та же	То же	"
	88.74	9.55	–	0.14	"	"	Gibson (см. Brady, 1884)
<i>Orbitolites marginatis</i>	87.91	10.50	–	0.11	"	"	Тот же
	89.01	10.55	0.13	0.31	"	Тортуга, Флорида, США	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Orbitolites adunca</i>	89.76	10.04	0.09	0.11	Imperforata	Ки-Уэст, Флорида, США	Те же
<i>Quinqueloculina auberiana</i>	90.11	9.33	0.56		Imperforata; донные	Тортуга, Флорида, США	Chambers (см. Clarke, Wheeler, 1922)
<i>Polytrema mineaccum</i>	88.76	11.22	0.02		Та же	Багамские острова	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Tinoporus baculatus</i>	88.70	11.08	0.19	0.03	"	Австралия	Те же
<i>Biloculina</i> sp.	92.05	–	–	–	Imperforata; донные	–	Schmelck (см. Brady, 1884)

Bütschli (1908) качественными пробами убедился также в малом содержании в *Globigerina* MgCO₃, тогда как в *Amphistegina* было отмечено им больше Mg. Возникает естественный вопрос о существовании генетической связи в ряде форм, могущих быть расположенными в ряд по убывающей или возрастающей степени содержания в их раковине MgCO₃. В ископаемой форме *Nubecularia novorossia* нашли до 26% MgCO₃. Несмотря на малочисленность анализов известковых Foraminifera, всего – 17, все же можно наметить 2 группы Foraminifera по содержанию в их скелетах MgCO₃.

1-я группа с небольшим содержанием MgCO₃ от 0.3 до 5% (известковые) и 2-я – от 5 до 12.5% и выше MgCO₃ (магнезиально-известковые). К первой группе принадлежат почти исключительно (поскольку это известно из современных дан-

ных) Foraminifera с пористой стекловидно-известковой раковиной – Globigerina, Pulvinulinae, Operculinae и др.; ко второй – со сплошной фарфоровидной раковиной – Orbitolites, Biloculina и др. Поэтому следует ожидать, что известняки, сложенные первыми (например, мел), будут бедны магнием, а вторыми – будут иметь признаки доломитизирования. Foraminifera с фарфоровидной раковиной (Imperforata), как известно, – формы почти исключительно придонные, а Foraminifera со стекловидной раковиной (Perforata) – главным образом планктонные. Следовательно, различию в составе скелета отвечает и различие условий обитания. Геологически это как будто бы значит, что осадки из скелетов планктонных форм Foraminifera должны быть бедны магнием, и наоборот. Вывод, имеющий практическое значение, который нужно проверить. Действительно, глобигериновый морской ил из открытого моря содержал, по Brasier (см. Murray, Renard, 1891), всего 0.87–1.3% MgCO₃. По Gebbing (1927) – 1.4% MgCO₃. Thorp (1931) анализировал глобигериновые и другие илы с Foraminifera из Карибского моря. В его анализах видно, что наименьшее содержание MgCO₃ имеется в глобигериновых илах (1–1.6%), тогда как в других – в среднем 3% MgCO₃ и выше.

В минералогическом отношении раковины не имеют различия. Mayer (1932) рентгеноскопически подтвердил нахождение кальцита во всех так называемых известковых Foraminifera (и магнезиально-известковых) – в видах из семейств Globigerinidae, Nummulinidae, Miliolidae. Sollas (1885), а затем и Sorby (1879) и др. еще раньше по удельному весу CaCO₃ раковин считали, что большинство Foraminifera должны иметь кальцит. Они, однако, допускали существование у некоторых и арагонита. Bütschli (1908) для Globigerina и Amphistegina, а также Meigen (1901) для Polytrema, Kelly (1900) для некоторых Perforata, Schmidt (1924) в Lagena, Globigerina и др. находили только кальцит. Аверинцев (1907) исследовал оптические свойства ряда известковых раковин Foraminifera и показал нахождение кальцита. Некоторые особенности, наблюдаемые при исследовании оптических свойств этих раковин Foraminifera, Rhumbler (1892) считал важным признаком (табл. 94).

Таблица 94
Скелеты Foraminifera

Тип скелета	Семейство
Протеиновый	Allogramidae и др. (наиболее простые, часто пресноводные формы)
Протеин + агглютинат	Saccamminidae
Протеин + агглютинат с карбонатным цементом	Miliolidae
Протеин + агглютинат с CaCO ₃ и Fe цементом	Astrorhizidae, Lituolidae (Haplophragminae), Hyperamminae и др.
Протеин + агглютинат с SiO ₂ цементом*	–
Протеин + отдельные частички SiO ₂	Silicinidae
Протеин + однородный SiO ₂ *	–
Протеин + CaCO ₃	Miliolidae и др.
Протеин + CaCO ₃ + MgCO ₃	Globigcrinidae, Sphaeroidinae (?), Orbitoididae и др.

* Примеры от этих категорий в исходных таблицах не приводятся.

Таблица 95
Состав скелетного протеина беспозвоночных

	C	P	N	O	S	F	
Псевдохитин	–	–	8 (?)	–	–	–	Foraminifera
Спонгин	48.51	6.30	14.79	–	0.73	1.5	Porifera (<i>Euspongia</i>)
Корнеин	49.40	6.80	17.20	–	–	7.8	Octocorallia (<i>Gorgonia</i>)
Конхиолин	52.87	6.54	16.60	–	0.85	–	Mollusca (<i>Pinna</i>)
Протенин биссуса	–	–	13.00	–	–	–	Mollusca
Фиброин	48.39	6.51	18.40	26.0	–	–	Insecta (<i>Bombyx</i>)

В каком состоянии находится $MgCO_3$, неизвестно. Вряд ли в раковинах Foraminifera имеется доломит, как иногда пишут. Это еще не доказано. Если бы его нашли ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$), то мы имели бы раковины, содержащие доломит и кальцит вместе, поскольку кальцит доказан давно. Кристаллы кальцита (гексагональные) отличаются от $MgCO_3$ и не дают изоморфных смесей – дают лишь двойные соли определенного состава – например, доломит. В то же время ни в одном случае Foraminifera и других скелетов Invertebrata содержание $MgCO_3$ (и $CaCO_3$), равное отношению их в доломите, не найдено. Мы имеем по существу у разных видов Foraminifera любые количества $MgCO_3$. Это говорит больше о каком-то другом состоянии $MgCO_3$.

В магнезиально-известковых раковинах Foraminifera указывали следы P и F (Mohr, 1865a).

2. Xenophyophora

Оригинальным химическим составом отличается группа Phizopoda, названная Schulze (1873, 1898–1899, 1906, 1912) Xenophyophora. Он имел эти организмы из сборов Челленджеровской экспедиции, “Siboga”, “Albatross”, “Valdivia”. По данным этих экспедиций можно ясно составить картину распространения Xenophyophora в море. Все они были встречены в узкой полосе, вдоль экватора, между широтами от $39^{\circ}22'$ ю. ш. и до 38° с. ш. на глубине от 981 до 5000 м. Щепотьев (1911–1912а, б) описал их нахождение и на небольших глубинах от 1 до 5 м около Цейлона. В этих же местах, около г. Коломбо, еще в 1888 г. Jones (1888) находил на дне моря на глубине 1235 м своеобразные конкреции, содержащие $BaSO_4$. Подобные же конкреции, содержащие $BaSO_4$, нашел Böggild (1930) в грунте, собранном на “Siboga” в области находок Xenophyophora¹⁶. Thierfelder, исследуя вместе с Schulze (1905) отдельные включения из различных Xenophyophora, так называемый granellen, доказал, что они состоят главным образом из $BaSO_4$. “Granellen” достигают размеров до 3 м. Они были найдены во многих видах из семейств Psammonidae и Stammonidae, как, например, *Psammeta erythrocytomorpha* или *Stamona dendroides* и многие др. Кроме $BaSO_4$, в “granellen” иногда содержится $CaSO_4$. Andree (1909), Самойлов (1910) и др. считали очень вероятным, что в образовании конкреций, как и некоторых других отложений тяжелого шпата, принимали участие организмы, подобные

¹⁶ Глубина – 304 м. Грунты моря (илы) содержат $BaSO_4$. Анализ N. Bjerrum (см. Bjerrum, Unmack, 1929).

Xenophyophora. Иными словами, некоторые отложения барита являются морского и органогенного происхождения. В Xenophyophora были обнаружены еще S и иод. Эти организмы имеют внешний протеиновый панцирь (табл. 96).

Можно допустить, что песчаными скелетами с разными соотношениями в них Fe и Ca (и SiO_2), магниезиально-кальциевыми (с разными отношениями $\text{MgCO}_3 : \text{CaCO}_3$), чисто кремниевыми (или вместе с кальцитом) и, наконец, с включениями BaSO_4 не исчерпывается все разнообразие состава скелетных частей Foraminifera.

Таблица 96
Скелеты Heliozoa, Radiolaria и Xenophyophora

Тип скелета	Организмы
Протеин (?)	Heliozoa (пресноводные)
Протеин + $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Heliozoa, Radiolaria
Протеин	Thalassophysa (глубоководные)
Протеин + агглютинат	Caementellidae (кремниевый скелет)
Протеин + $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Spummellaria (морские)
Протеин + SrSO_4	Acantharia (морские; <i>Podactinelius</i> среди изменчивых форм)
Протеин 4 – ? алумосиликат	Acantharia (морские, глубоководные)
Протеин + BaSO_4	Xenophyophora (морские, глубоководные)
Протеин и другие типы	Infusoria

3. Radiolaria

Микроскопических размеров Radiolaria привлекают внимание своими правильными красивыми формами. Их остатки находят в докембрийских отложениях, а иглы, например, Spummellaria и Nassellaria, как показал Ehrenberg (1838), содержат SiO_2 (см. Meigen). Главная масса видов Radiolaria содержит в органической капсуле иглы или сложные решетки скелета $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. И только виды одного семейства из южных морей содержат, по-видимому, иглы из целестина – Acantharia. Форма и состав органических скелетных капсул простых Radiolaria подобны пресноводным Heliozoa. Среди глубоководных Radiolaria существуют также формы скелетов, остающихся чисто органическими, как, например, *Thalassophysa pelagica*.

Все пробы для Radiolaria носят, однако, качественный характер. Известны несложные анализы Hansen (1887) для неизвестных Radiolaria и Delff (1912) для *Collozoum inerme*, содержащих 0.38% N в сухом веществе (или 4.28 на беззольный сухой остаток).

Верно находил сухой остаток в *Collozoum* меньше 1%¹⁷. Все эти данные напоминают анализы диатомовых водорослей. Количество кремния, в них заключенное, неизвестно, как и характер его состояния.

SiO_2 был указан в кремниевых формах многими (Immermann и др.). Borgen (1909) описывает цементирующие формы, содержащие кремнезем. Schröder (1901–1903), описывая *Cytocladus gracilis* и *C. major* (из Атлантического океана), обращает внимание, что скелетные элементы этих форм, содержащих кремнезем (так называемые stacheln – иглы), не одинаково легко обрабатываются HF и H_2SO_4 . Так, например, в их иглах легко разрушаются указанным образом средние части и с большим трудом внутренний остов и наружные части.

¹⁷ Что сомнительно, так как морская вода содержит >3% солей!

Müller (1858), признавая для большинства Radiolaria скелеты из кремнезема (табл. 97), впервые высказал сомнение относительно характера кристаллов, находившихся в одной Radiolaria (*Collosphaera huxleyi*); они не растворялись в холодных кислотах и щелочах, а по ряду признаков вещество, их составляющее, напоминало свойства SrSO₄ и BaSO₄. Brandt (1885) указал, что Acantharia не содержат в неорганическом скелете SiO₂.

Таблица 97
Химический состав Radiolaria (в % сухого остатка)

Организм	Сухое вещество, %	Раств. + нераств. золы, %	Место сбора	Автор
<i>Collozoum inerme</i>	12.22	86.5 + 1.28*	Неаполь	Delff, 1912
Radiolaria	67.27	32.73	Киль? бухта	Hensen, 1887

*Нерастворимая зола содержала кусочки (возможно посторонние) извести.

Таблица 98
Состав скелета *Acanthometra pellucidum* (в %)

CaO	31.4
MgO	Следы
Fe ₂ O ₃ (+Al ₂ O ₃)	17.6
SiO ₂	21.6
Потеря	<u>29.6</u>
	100.2

Аверинцев (1903), а позже Bütschli нашли, что некоторые из Acantharia (например, *Acanthometra*, *Acanthohiasma*, *Xiphicanta*) имеют скелет, который в скрепленных николях показывает двойное лучепреломление, не свойственное SiO₂ · nH₂O (опалу). Шевяков (1902) подверг исследованию состав скелета *Acanthometra pellucidum*, который растворялся в H₂SO₄ без выделения газа и, по определению Schröder (1901–1903), состоял из различных химических продуктов (табл. 98). Шевяков на основании этого анализа заключил, что скелет состоит из гидрата Са-алюмосиликата. Потеря в анализе объясняется присутствием щелочей и воды, которые не определялись.

Bütschli (1907), имея материал от Schröder (Южнополярная экспедиция) в виде нетипичной сидячей формы Radiolaria – *Podactinelius sessilis*, произвел анализ ее скелета. Спектроскопические пробы и форма кристаллов соли, полученные из вещества скелета, заставили признать его, что скелет состоит из SrSO₄¹⁸. Другие Acantharia из Неаполитанского залива давали также ясную реакцию на Sr. Кроме Sr, были обнаружены еще Si, Fe, Ca (и S) в малых количествах.

Popofsky (1904–1906) исследовал химический состав скелетов Acantharia (подпорядок – Acanthophracta, например, *Astrocapsa tritonis* и др. *Astrocapsidae*) из Антарктики. Скелеты легко растворялись в серной и соляной кислотах; с хлористым барием показывали присутствие SO₄²⁻ и т. д. Проба на пламя дала окрашивание, вы-

¹⁸ SO₃ было найдено до 7%.

зывается солями Sr и т. д. Он считал поэтому, что в исследованных им *Astrocapsidae* скелеты содержат стронций.

Schmidt (1924), исследуя в поляризованном свете *Acanthometridae* (*Amphiloncha*), нашел двойное лучепреломление. Шевяков (1902) в своей монографии по *Acantharia* вновь возвратился к этому вопросу и, основываясь на всех своих наблюдениях, остается при прежней точке зрения. Он высказывает соображения о том, что форма *Podactinelius* для *Radiolariae* не типична, поэтому если следовать Mielck, то она должна быть отнесена к другому классу, а не к радиоляриевым (*Heliozoa*). Вопрос о составе скелета в известной мере остался открытым¹⁹.

Интерес к нему усиливается еще тем обстоятельством, что неоднократно высказывались мысли о возможности органогенного происхождения целестинов (см. у Самойлова, 1910). Нужно к этому заметить, что морские организмы, как это мы вскоре увидим, содержат (особенно в CaCO_3 -скелетах) иногда до 0.5% Sr и больше.

В некоторых *Radiolaria* Шевяков (1926) находил кристаллы фосфатов – кальций²⁰. Fe указывалось лишь качественно (Schneider, 1897). Shepherd (1940) обнаружил 0.01–0.05% F в радиоляриевом иле.

4. *Heliozoa, Infusoria* и другие *Protozoa*

Heliozoa. У видов, имеющих минеральный скелет, последний состоит из $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, как, например, у *Clathrulina elegans* и *Acanthocystis turfacea*, которые были исследованы Hertwig (см. Shulze, Kunike, 1923) на Si. Mangin нашел SiO_2 в скелете у *Chalarothoraca*²¹. Никаких других данных об их составе нам неизвестно.

Infusoria. Морские *Tintinnoidea* имеют органический панцирь, который является, вероятно, протеиновым, и есть неподтвержденные указания на присутствие гemicеллюлозы в некоторых *Infusoria*. Для пресноводных форм известны указания на нахождение кристаллов Ca-фосфатов, однако не подтвержденные²². Halliburton (1885) приводит анализы колоний ресничников *Ophrydium versalite*, содержащих 0.07% золы. Некоторые инфузории являются железными организмами (см. у Molisch, 1926, например, *Vorticella* и др.). Затем у форм, живущих в серных источниках, находили серу (Cohn, 1892). Интересно указание на содержание кремния SiO_2 , по мнению Weineck (1931), – в виде кремневого геля находится в скелете (*pellicula*) у *Ophryoscolecidae*²³. Наконец, некоторые аналитические данные имеются для *Paramecium caudatum* – до 12.81% N_2 в сухом веществе (Grobicka, Wasilewsca, 1925). Шевяков (1894) указывает, что фосфат Ca присутствует в *Paramecium*. Систематических наблюдений, как видим, нет, а все приведенные нами примеры, по-видимому, относятся к нетипичным случаям в смысле их химического состава.

¹⁹ Целестин (SrSO_4), определенный рентгенодифрактометрическим и спектральным методами, а также химическими анализами и содержащий очень мало Ca, присутствующего в виде примеси, был обнаружен Odum (1950) в скелете *Acantharian* из залива Делавэр Северной Атлантики.

²⁰ См. возражения.

²¹ Penard (1904) указывает, что из разнообразных родов *Chalarothoraca* только *Heterophrys* имеют органические спикулы, а все остальные – кремниевые. *Desmothoraca*, по-видимому, имеет органические элементы скелета.

²² *Trichosphaerium sieboldi* и другие организмы на определенных этапах развития содержат мелкие иголки CaCO_3 , расположенные радиально. Luce, Pohl (1935) на основе некоторых анализов предположили, что кристаллы, которые часто находят в *Protozoa* (например, в Амобеа), могут быть представлены хлорофосфатом кальция. См. Needham, Needham, Yudkin и Baldwin (1932) о фосфоре в *Clausoma* sp., так же как в некоторых *Flagellata*, *Bodo caudatus* и *Polytoma uvella*.

²³ Живут в желудке жвачных животных (см. Eberlein, 1895).

5. Содержание других химических элементов в Protozoa

Следы иода Cameron (1914) нашел в *Prorocentrum*. Как указывалось выше, в вакуолях пресноводной Foraminifera – *Arcella* находится газ, содержащий кислород. Следует отметить, что в глобигериновом и радиоляриевом илах содержатся В (0.05%), Se (<0.0001%) и Y (<0.001%), по Goldschmidt, Peters (1932), а Engelhardt (1936) нашел в них 0.01–0.03% BaO.

Глава VII ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ PORIFERA

1. Общие замечания

В начале прошлого (XIX. – *Прим. ред.*) века в систематике губок установилось деление по химическому составу их скелетов на губки роговые, кремниевые и известковые. В главном это разделение сохранилось и в современной систематике губок. Классификация губок, которую мы используем здесь, была предложена Alander (1942). В пределах типа Porifera установлены три класса. Это Demospongiae, Calcispongiae (Calcarea) и Hyalospongiae (Hexactinellida). Это первичное подразделение основывается на химическом составе скелета губок. Demospongiae имеют скелеты, состоящие только из органического вещества или из смеси органического вещества с различными количествами кремниевых спикул (от одно- до четырехосных). Calcispongiae имеют известковые скелеты. Hyalospongiae имеют кремниевые скелеты, состоящие из шестиосных спикул. В двух последних классах спонгин отсутствует.

Demospongiae может быть разделен на два отряда: Cornacuspongida, которые всегда содержат спонгин и могут содержать либо не содержать одно- или двухосные кремниевые спикулы; Tetraxonida, в которых спонгин отсутствует, они имеют радиальное строение скелета и содержат одно-, двух- и (или) четырехосные спикулы.

В современной систематике губок приобрела более важное значение форма элементов скелета губок, так называемых спикул. В этом направлении и протекала основная работа исследователей морфологов и систематиков. В основе определения видов Porifera лежит морфологический характер спикул, которые бывают одноосные, 4-осные, 3- и 6-осные и еще более сложной формы, а также и история образования спикул – первичные спикулы или вторичные и т. п. Химический состав спикул и губок в целом не получил более дифференцированного значения в систематике Porifera. Он не пошел дальше разделения на известковые и кремниевые губки. В дальнейшем мы попытаемся обратить внимание читателя на те стороны химического состава Porifera, их скелета, какие главным образом могли бы быть использованы в систематике.

Ранним исследователям не был известен основной субстрат наиболее обычных роговых губок¹. Geoffroy (1706) в так называемой купальной губке (род *Spongia*) нашел соли NaCl, MgCl и Fe; Levis (1771) повторил эти наблюдения, затем Lavoisier (1784) впервые исследовал органический (элементарный) состав губки. Несколько позже, в начале XIX в., встречаемся уже с довольно обстоятельными для того времени анализами той же купальной губки, произведенными Trommsdorff (1805), Vogel (1814), Jonas (1828), Hornemann (1828, 1829), Kressler (1832), Bley (1834) – анализ конкреций губки, Sommer (1834), Herberger (1835), Ragazzini (1835), Posselt (1843), Heyl (1847), одновременно отметивших содержание и ряда реже встречающихся химических элементов (например, иода и брома) в губках. Данные их мы не приводим полностью, так как они по методологическим приемам анализа устарели.

¹ История исследования губок приведена у Uhle (1819), Arndt (1926, 1929). Библиография – у Vosmaer (1928).

Объектом исследования долгое время остается только одна эта губка, обычно получавшаяся с рынка, подвергшаяся обработке, известная под разными названиями².

Впервые присутствие SiO_2 в животных³ и именно в губках устанавливает в 1788–1789 гг. Abilgaard (см. Müller, 1788–1806), а несколько позже описываются кремниевые спикулы в определенных Porifera. На этом основании Gray (1825) различал губки, имеющие в спикулах SiO_2 , от Alcyonaria, содержащих в спикулах CaCO_3 .

В 1826 г. Grant открывает CaCO_3 в спикулах губки *Grantia compressa*. Этими исследованиями и устанавливается дальнейшее деление губок на порядки известковых и кремниевых, о чем мы говорили выше.

2. Содержание воды, золы, углерода, водорода и азота⁴ в губках

Роговые губки состоят из белкового вещества – спонгина. В кремниевых губках спикулы, имеющие $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, скреплены тем же спонгином; у Hyalospongiae скрепления кремниевых спикул происходят часто при помощи $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Спикулы Calcareea, как правило, лежат в теле губки⁵ свободно, реже спаяны CaCO_3 . Благодаря особенностям строения тела губок (в частности роговых) они могут удерживать огромные количества воды (в 20–30 раз больше их сухого веса). Поэтому известные определения H_2O в губках, произведенные обычным путем (высушивание и т. п.), условны. Они не указывают, в какой мере полученные данные о содержании H_2O относятся к H_2O , входящей в состав тела, и к H_2O , так сказать, «внешней», удерживаемой в порах. Поэтому данные, приведенные ниже, дают лишь первое представление о количестве H_2O в губках (табл. 99).

Таблица 99
Содержание H_2O , органического вещества и золы в разных Porifera
(в % веса в живом состоянии)

Вид	H_2O	Орган. вещество	Зола	Автор
		Demospongiae Tetraxonida		
<i>Chondrosia reniformis</i>	84.0	11.33	4.67	Krukenberg, 1881–1882
<i>Tethya aurantium</i> (= <i>lyncurium</i>)	74.53	13.67	11.80	Тот же
<i>Stelletta wagneri</i>	77.5	8.00	14.50	"
<i>Suberites massa</i>	82.2	10.0	7.80	"
	85.5	7.10	4.40	Pütter, 1914
<i>Suberites domunculus</i>	78.6	11.79	9.61	Krukenberg, 1881–1882
	73.23	–	–	Cotte, 1901

² *Spongia marina*, *S. usta*, *S. tosta*, *S. marina usta* и другие препараты, полученные путем сжигания купальной губки.

³ Он приводит их названия: *Alcyonium lyncurium* [= *Tethya aurantium*] и *Sabella chrysodome*. Дальнейшую синонимику см. в специальных работах. Некоторые указания на нахождение SiO_2 в губках можно найти у Welter (1798), Schweigger (1819).

⁴ Кроме анализов, приведенных в таблицах 99, 100, частично данные приводятся Schulze (1837), Siedler (1896) и Detgen.

⁵ Органическое вещество *Calcareea* не исследовано.

Таблица 99 (окончание)

Вид	H ₂ O	Орган. вещество	Зола	Автор
	77.50	7.8	14.9	Pütter, 1908
<i>Cliona hixonii</i>	93.0	–	–	Lendenfeld, 1886
Cornacuspongia				
<i>Hircinia</i> (= <i>Hircinia</i>) sp.	83.8	12.0	4.2	Pütter, 1908
<i>Hippospongia eq.v. elastica</i> *	94.1	–	–	Allemand-Martion; 1921
<i>Spongia</i> (?) sp.	86.13	–	5.46	Анализ экспериментальной станции штата Коннектикут (США), 1890
<i>Desmacidon fruticosus</i>	91.1	–	–	Bertrand, 1903
<i>Microciona prolifera</i>	83.0	17.0	–	Bergmann, Johnson, 1933 (Лонг-Айленд-Саунд)
Calcispongiae				
<i>Sycandra raphanus</i>	90.15	3.61	6.24	Pütter, 1908

* *Hippospongia equina* приведена Burton как разновидность *Spongia officinalis*.

Таблица 100
Содержание С, N в Porifera (в % сухого веса)

Вид	С	N	Авторы	Примечание
Demospongiae				
Tetraxonida				
<i>Geodia gigas</i>	–	8.41	Torre, Bomboletti, 1878	–
<i>Suberites domunculus</i>	20.64	–	Cotte, 1901	–
<i>Suberites massa</i>	–	8.41	Torre, Bomboletti, 1878	Пересчитано на абсолютно сухое вещество (Адриатическое море)
Cornacuspongia				
<i>Haliclona</i> (= <i>Reniera</i>) <i>flava</i>	–	8.41	То же	–
<i>Raspaila tipica</i>	–	8.41	"	–
<i>Hircinia tipica</i> (вероятно синоним <i>Ircinia strobilina</i>)	–	8.41	"	–
<i>Spongia</i> (= <i>Euspongia</i>) sp.	–	8.41	Posselt, 1843*	–
	–	8.41	Croockewit, 1843a, 1843b	–
	–	7.41	Moore (см. Tressler, 1923)	Воздушно-сухое 13.9 H ₂ O
	–	8.41	Анализ эксперимент. станции штата Коннектикут (США), 1890	–
<i>Spongia officinalis</i> (var. <i>Tur.</i> ?)	–	7.40	Moore (см. Tressler, 1923)	–

* Грубый спонгин губок.

Количество органического остатка в губках невелико. Оно колеблется от вида к виду⁶. Количество золы меньше всего в роговых губках, наибольшее – в чисто кремниевых, особенно в глубоководных Hexactinellida и в так называемых известковых губках. Соотношение между органическим веществом и золой в сухом остатке колеблется от $\frac{1}{10}$ до $\frac{1}{2}$ органического вещества в среднем для кремниевых губок, что видно из данных Clarke, Wheeler (1922) и многих других⁷.

Определение С и N в губках случайны и единичны. Кроме данных, приведенных в таблице 100, Stary и Andratschke (1925) определили азот в губках.

Содержание углерода в органическом беззольном остатке *Suberites domunculus* достигает 52.53 и 7.95% азота. Если исключить анализы спонгина⁸, то анализов на N, относящихся ко всему веществу губок, почти нет.

3. Класс Demospongiae, отряд Cornacuspongida

Все более ранние анализы губок под названием купальные, обыкновенные, морской, *Spongia marina, usta* и т. п., вероятно, относятся к видам *Spongia*. Способность их удерживать значительные количества морской воды сказалась на первых анализах. Названные выше авторы, а также Hatchett (1799); Fourcroy, Vauquelin (1811); Muhry, Wiggers (1834); Thomson (1843) и Haen, прежде всего, качественно указали на присутствие в них солей из морской воды: Mg, Ca, Na, Cl, SO₄²⁻, а затем P, Fe, Al, Si и др.⁹ Количественных анализов роговых губок, отвечающих современным требованиям, немного. В отношении всех их возникает вопрос, насколько хорошо авторам анализов удалось избавиться от посторонних включений. В 1878 г. Torre, Bomboletti дают анализы различных губок *Ircinia, Suherites, Geodia, Raspailia*. В настоящее время все эти анализы требуют повторения. Более современные количественные анализы Cornacuspongida имеются у Clarke, Wheeler (1922), хотя далеко не полные и отвечающие, главным образом, составу скелетных частей (табл. 101).

В *Ircinia* больше Ca, чем Si. Это требует пояснения. Porifera легко захватывают посторонние включения и с трудом поддаются очистке (при подготовке материала к анализу) от посторонних включений. По отношению *Ircinia* это осложняется еще тем, что эта губка строит свой скелет путем агглютинации различных частиц из ила, что следует иметь в виду при сравнении ее состава с составом других губок. Поэтому нельзя согласиться с тем, что Clarke, Wheeler (1922) *Ircinia* и *Spongia officinalis* называют известковыми губками. Они действительно имеют больше Ca в золе, чем SiO₂, но и золы в этих губках очень мало. По данным тех же авторов, и другие типичные роговые губки, а именно *Spongia officinalis, S. agaricina, Hippospongia equina, H. agaricina, H. caniculata* и *Aplysina hirsuta*, содержат до 97% органического остатка в сухом веществе, т. е. имеют всего около 1% золы в живой губке.

⁶ Из недавних определений по процентному содержанию материала спикул в сухом весе, см. Bergmann (1949).

⁷ Moore, Edie, Whitley, Dakin (1912); Vogel (1814). Delenk (неопубликованная работа, помеченная у Pax, Arndt, 1937) обнаружил 7.3% золы в *Hippospongia*.

⁸ Органическое вещество *Spongia* содержит 16.15% N; *Ircinia* – 9.2% N (спонгин); см. Stary, Andratschke (1925), Rosselt (1843), Croockewit (1843a, b), Maly (1880), Krukenberg (1881–1882), Pennetier (1881), Hammer (1906a) и Lavoisier. См. также Zalacostas (1888), более ранние работы которого показали наличие С, N и H в губках.

⁹ Анализы пресноводных губок см. у Traxler (1894).

Таблица 101
Химический состав Cornacuspongida (в % золы)

Организм	SiO ₂	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	Cl	Зола, в % сух. вещества	Место сбора	Авторы
<i>Eperopsis quatinensis</i>	92.45	3.15	1.34	0.81	2.45	—	—	?	—	—	Аляска	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Chondrocladia atascensis</i>	93.35	2.21	1.00	0.54	2.84	—	—	?	—	—	"	Те же
<i>Gellitodes grandis</i>	88.28	1.30	1.45	1.03	6.52	—	—	1.37	—	—	Залив Мейн, США	"
<i>Phakellia grandis</i>	94.69	0.79	0.35	0.71	3.59	—	—	?	—	—	Северо-восточное мыса Код, США	"
<i>Halichondria panicea</i>	87.93	2.75	1.69	0.20	7.36	—	—	0.09	—	—	Аляска	"
<i>Ircinia campana</i> var: <i>turrita</i>	2.27	79.64	6.37	2.71	9.11	—	—	?	—	—	Бермудские острова	"
<i>Ircinia strobilina</i> (= <i>tipica</i>)	68.56	4.75	2.76	4.91	6.14	4.6	0.77	2.04	4.91	55.46	Адриатическое море	Torre, Bombolletti, 1878
<i>Callyspongia vaginidis</i> (= <i>Spinosella sororia</i> var. <i>crispa</i>)	40.53	36.85	3.42	9.08	10.13	—	—	?	—	—	Бермудские острова	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Haliclona</i> (= <i>Reniera</i>) <i>flava</i>	70.85	4.67	3.06	1.60	5.98	5.69	1.17	3.44	5.39	52.88	Адриатическое море	Torre, Bombolletti, 1878

В анализах Torre, Bomboletti (1878) губок из Адриатического моря оказалось необычайно большое количество железа¹⁰. В *Cornacuspongida* SiO₂, являющейся главным составным элементом их зола, находится в разных видах от долей процента до 95% зола этих губок. Kahane (1935) обнаружил 98.3 и 98.2% SiO₂ в сухом веществе спикул *Ephydatia fluviatilis*¹¹.

Интересно отметить связь между количеством Si в губках и их систематическим положением.

Minchin (1910) показал, что в ряде губок *Reniera* → *Pachychalina* → *Chalina* → *Spongia* происходит изменение скелета путем редукции кремниевых спикул. У *Spongia* они исчезают. Если мы расположим имеющиеся в нашем распоряжении анализы для этих губок в том же порядке, то получим химическое выражение эволюции этого ряда губок (табл. 102). Из этого примера следует ожидать, что и в других подобных случаях количество Si в *Cornacuspongida* и других губках должно явиться характерным для вида. По содержанию Si в *Cornacuspongida* выделяются виды бедные Si (особенно роговые губки – *Spongiidae*, *Hippispongiae*) и, с другой стороны, богатые Si, как, например, *Haliclona* (раньше ссылались на *Reniera*) и другие *Monaxonidae*.

О содержании других химических элементов в роговых губках систематических данных нет. В одном анализе губки из *Spongiidae* Moore (см. Tressler, 1923) нашел 1.17% P₂O₅, 1.64% K₂O и 1.14% SiO₂ в воздушно-сухом веществе. Отсутствуют точные количественные данные для щелочей и для щелочноземельных элементов в *Cornacuspongida*. Указанные выше более ранние анализы не идут в счет, поскольку в них не были исключены из анализа морские соли и различные посторонние включения. О более редко встречаемых химических элементах в *Porifera* см. ниже.

Таблица 102
Содержание SiO₂ (в % сухого вещества) в генетическом ряду губок

Вид	SiO ₂	Авторы
<i>Spongia officinalis</i>	1.31	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Callyspongia vaginalis</i> (= <i>Spinosella sororia</i>)	3.08	Те же
<i>Haliclona oculata arbuscula</i>	31.93	"
<i>Haliclona</i> (= <i>Reniera</i>) <i>flava</i>	37.32	Torre, Bombolletti, 1878

4. Tetraxonida

Типичные кремниевые организмы. Их скелеты – спикулы из SiO₂ · nH₂O прекрасно сохраняются в осадочных породах. *Tetraxonida* имеют до 65% SiO₂ в сухом остатке, или до 95% в золе. На долю других химических элементов остается всего 1–2%. Bütschli (1901), исследовавший спикулы *Geodia placenta* из *Tetraxonida*, нашел, помимо SiO₂, другие химические элементы; то же отмечают в спикулах Schulze (1873), Ebner (1887), а позже и другие. Горшкова и Терентьева произвели анализы хорошо отмытых спикул *Geodia baretti* из Кольского залива: у них отсутствовали щелочноземельные металлы, но были найдены щелочи. Наконец, у Clarke, Wheeler (1922) имеются анализы сухого остатка *Geodia mesotriaena* (табл. 103). Все анализы могут быть между собою сравнены. Во всех них присутствуют щелочи, хлориды и сульфаты. Самойлов (1911) обращал внимание на присутствие щелочей в спикулах губок как на причину, обуславливающую нахождение щелочных металлов в кремневых отложениях (опоках, опале и т. п.)¹².

¹⁰ Что связано, вероятно, с загрязнением, особенно в прибрежной зоне. См. водоросли.

¹¹ Состав неорганической части *Aplysillidae* не определен.

¹² NaCl до 5–6% и выше содержится в диатомовом иле.

Таблица 103
Химический состав Tetraphoxonida (в % зольного остатка)

Вид	SiO ₂	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	Cl	Зола	Место сбора	Автор
<i>Suberites domunculus</i>	87.32	—	—	0.23	—	—	—	2.72	3.56	16.25	—	Cotte, 1901
<i>Suberites massa</i>	15.31	6.53	7.21	4.28	6.76	16.7	3.38	8.56	21.40	26.3	Адриатическое море	Totte, Bomboletti, 1878
<i>Suberites uberea</i>	96.25	0.43	0.72	0.64	1.61	—	—	0.51	—	—	Аляска	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Geodia gigas</i>	70.35	3.37	1.75	1.35	4.45	7.95	0.81	4.64	6.87	71.15	Адриатическое море	Totte, Bomboletti, 1878
<i>Geodia mesotriapea</i> var. <i>Rachana</i>	98.08	0.44	0.57	Следы	0.32	—	—	0.32	—	—	Южная Калифорния, США	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Geodia baretti</i> *	94.55	Нет	Следы	—	0.19	0.3	0.25	—	—	—	Кольский залив	Горшкова, 1925
<i>Geodia baretti</i> *	94.90	"	"	—	0.22	0.62	0.59	—	—	—	То же	Самойлов, Терентьева, 1925
<i>Geodia placenta</i> *	92.42	Следы	0.16	—	Следы	0.84	0.63	—	—	—	Средиземное море	Bütschli, 1901
<i>Tetilla gravata</i>	91.74	1.19	0.82	0.64	4.97	—	—	0.54	—	—	Залив Базарде Бэй, Массачусетс, США	Clarke, Wheeler, 1922

* При подготовке спикул к анализу потери при прокаливании составляют 4.52; 3.91 и 5.97% соответственно.

Таблица 104
Химический состав Hexastinellida (в % зольного остатка)

Вид	SiO ₂	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	Место сбора	Авторы
<i>Phoronema grayi</i>	90.70	4.53	Следы	Следы	4.24	—	—	0.03	Исландия	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Bathydorus unceifer</i>	94.64	3.45	0.60	0.00	1.30	—	—	Следы	Галапагосские острова	Те же
<i>Euplectella speciosa</i>	99.18	0.25	0.00	0.00	0.36	—	—	0.00	Филиппинские острова	"
<i>Monorhaphis chuni</i> *	8.61	—	—	—	Следы	3.8	3.8	—	—	Stock, 1904
<i>Hyalonema thomsoni</i>	97.6	—	—	—	—	—	—	—	—	Kahane, 1935

* Анализ спикул. Содержание H₂O в спикулах составляло 10.1%; Cl — следы.

5. Класс Hyalospongiae (= Hexactinellidae)

Анализ спикул Hexactinellidae, а именно *Monorhaphis chuni*, произвел Stock (1904) (табл. 104). Он не нашел ни Ca, ни Mg, но отметил присутствие K и Na. Hexactinellidae – это в целом наиболее богатые Si губки. Их скелеты почти нацело состоят из $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и почти вовсе не содержат других элементов – щелочноземельных металлов и т. п. На тех глубинах, где они встречаются, только SiO_2 -скелеты противостоят растворяющему действию морской воды. И, как известно, спикулы кремниевых губок отлично сохраняются в отложениях. Отсутствуют анализы массивных Lithistidae. Сравнивая Tetraxonida и Hexactinellida по их химическому составу, видим, что maximum содержания Si у Hexactinellida, одновременно с тем у них резко уменьшено содержание щелочноземельных металлов и др.

6. Другие кремниевые губки

Оригинальную губку, найденную вблизи Порто-Санто, описал в 1910–1911 гг. Kirkpatrick под названием *Merlia normanii*. Губка имела в одном слое своего тела кремниевый скелет, а в другом – известковый, по определениям, сделанным Priot, состоящий из кристаллов кальцита. Губка, по мнению автора, в систематическом отношении принадлежит к Monaxonida. Другой находкой, интересной для нас, является австралийская губка, описанная Dendy (1917) под названием *Collosclerophora arenacea*. Спикулы ее представлялись мешочками, наполненными желеобразным веществом, по мнению автора, состоящим, из геля $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Он полагает, что существует целый род подобных губок Collosclerophorae. Отсутствие анализов повело к возражениям, а некоторые авторы высказывали даже мысль, что в жидкой фазе спикул могли заключаться и другие вещества, а не гель $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, например, по мнению Bidder (1925), ураты и т. п. Вопрос, таким образом, остался открытым: действительно ли эти губки содержат гель кремнекислоты.

7. О состоянии SiO_2 в губках и о кремниевом обмене в море

Спикулы кремниевых губок, кроме $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, имеют тонкий наружный слой из органического вещества и таковой же в осевом цилиндре. Все исследователи кремниевых губок согласны с тем, что спикулы содержат гидрат SiO_2 в аморфном состоянии. Thoulet (1884, 1890), а затем и другие по удельному весу кремниевого вещества спикул (2.04) считали его опалом – $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Для опала спикул были сделаны определения в нем воды. Содержание воды колебалось от 5 до 13% (табл. 105).

Пересчеты содержания воды относительно кремния показывают, что если эти определения верны, то у разных губок SiO_2 в спикулах имеет разную степень гидратации. Напомним о природном опале. Опалы аморфны и содержат варьирующее количество воды от 0.0 до 35%, причем при содержании около 7%, что отвечает формуле $4(\text{SiO}_2) \cdot \text{H}_2\text{O}$, они становятся достаточно твердыми телами. В некоторых природных разновидностях опала имеется более или менее постоянное количество воды.

Существование двупреломляемости и характерных кристаллических скелетов роста, отвечающих спикулам, наблюдаемых в Hexactinellida, по В.Н. Вернадскому (1934), является указанием на переход SiO_2 к кристаллическому состоянию – кварцу. Он рассматривает опалы как агрегаты мельчайших частиц гидрата $\text{Si}_n\text{O}_{2n-1}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Рентгеноскопически природный опал показывает аморф-

ное строение. Найденные Penard и другими SiO_2 в так называемых кремниевых Foraminifera, вероятно, также являются опалом.

Характер состояния SiO_2 в Silicoflagellata, Radiolaria, Heliozoa, а также и в некоторых других Protozoa¹³ неизвестен. Неясен вопрос о состоянии Si в панцирях диатомовых и в тканях растений, подобно Gramineae, Cyperaceae и Equisetaceae. Стяжения $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ в узлах бамбука, сахарного тростника и т. д. являются опалами, так называемый табашир ($\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Что касается SiO_2 в панцирях диатомовых, то минералогический характер до сих пор не определялся (кроме исследования удельного веса).

Таблица 105
Среднее содержание H_2O (или потери при прокаливании спикул)
в кремниевых спикулах губок (в %)

Вид	H_2O	Формула	Автор анализа
Demospongiae			
Tetraxonida			
<i>Suberites suberea</i>	7.34	$4(\text{SiO}_2) \cdot \text{H}_2\text{O}$	Sollas, 1885
<i>Pachymatisma johnstoni</i>	7.16	Та же	Тот же
<i>Stelletta (= Anthastra) commuis</i>	6.61	"	"
<i>Theonella swinhoei</i>	6.53	"	"
<i>Vetulina stalactites</i>	6.27	"	"
<i>Corallistes masoni</i>	6.23	"	"
<i>Siphonidium ramosum</i>	6.10	"	"
<i>Geodia placenta</i>	5.97	"	Bütschli, 1901
Hyalospongiae			
<i>Poliopogon amadou</i>	7.16	"	Schulze, 1873
<i>Monorlaphis chuni</i>	10.8	$3(\text{SiO}_2) \cdot \text{H}_2\text{O}$	Stock, 1904
Hexactinellida (?) (игольчатые)	13.18	$2(\text{SiO}_2) \cdot \text{H}_2\text{O}$	Thoulet, 1884
(звездчатые)	12.86	"	Тот же

Обычно в кремниевых губках спикулы имеют от 5 до 13% H_2O . Если цели наблюдения Dendy (1917) верны, то высший предел гидратации SiO_2 в спикулах будем иметь в видах *Colloscierophora*. С другой стороны, минимум содержания SiO_2 в спикулах Tetraxonida¹⁴. Не следует ли ожидать в этом направлении градаций, имеющих систематическую ценность. Имеются все основания это допустить. Примером, подкрепляющим это допущение, может служить интересное наблюдение Vosmaer, Wijnman (1904), нашедших в спикулах *Tethya auroantium (Donatia lyncurium)* неодинаковые свойства опала периферических частей спикул этой губки, сравнительно с частями внутреннего осевого цилиндра. SiO_2 из последних лучше растворялся в HF, чем периферическое вещество спикул. Несомненно, отношение к HF зависит от разных агрегатных состояний SiO_2 (количество гидратной H_2O). Нечто аналогичное наблюдал для спикул и Bütschli (1901), а Schröder (1901–1903) – для кремневых скелетов Radiolaria. Возвращаясь к различному состоянию (степени гидратации) SiO_2

¹³ Также в «спикулах» Mollusca из Oncidiadae. В *Bacillus siliceus* и других редких случаях нахождения SiO_2 в организмах, помимо названных, здесь не приводятся.

¹⁴ И там, где будет доказан кварц.

в спикулах различных видов, в общем, можно на основании имеющихся данных склониться к тому, что у Tetraxonida спикулы менее богаты H_2O , чем Hexactinellida. У первых в среднем ее содержание близко к формуле $5(SiO_2) \cdot H_2O$, у вторых – ближе к $4(SiO_2) \cdot H_2O$ и даже еще с большим количеством H_2O .

В основе образования кремниевых спикул лежит процесс обезвоживания кремниевых гелей. Известную часть кремния губки, вероятно, получают от диатомовых, так как известны наблюдения, что oscula современных губок часто наполнены диатомовыми. Те же наблюдения известны и для палеонтологических находок. Замечательно, что организмы в отношении $SiO_2 \cdot nH_2O$ прodelьывают одностороннюю работу, а именно везде, где жизнь сталкивается с $SiO_2 \cdot nH_2O$ (или гидратами алюмосиликата), наблюдается процесс дегидратации гелей кремнекислоты, в результате которого образуются отложения SiO_2 с малым количеством H_2O ; организмы осваивают его в виде скелетов и других опорных тканей. Процесс этот общий и охватывает всю живую природу.

Напомним, какие организмы в настоящее время являются концентраторами Si. Это главным образом организмы, стоящие на низших ступенях организации растительного и животного царств¹⁵, представители древних классов организмов. Все другие случаи нахождения больших количеств Si в тканях являются сомнительными (например, у Alcyonaria, Corallinaceae).

Кремниевые организмы	
Растения	Животные
Bacteria	Protozoa
Algae	Heliozoa
Diatomeae	Silicoflagellata
Pteridophyta	Infusoria
Equisetaceae	Radiolaria
Angiospermae	Foraminifera
Monocotyledones	Porifera
Gramineae	Demospongiae
Cyperaceae	Hyalospongiae

В результате воздействия коллоидальных растворов, содержащих $SiO_2 \cdot nH_2O$, во всех этих организмах создавалась физиологическая система обмена Si, в конечной цепи которого высоко дегидратированный SiO_2 освобождается в виде опалов и других тел в скелетах и т. п. тканях организмов.

В наше время аналогичный геохимический процесс в широком масштабе протекает и на суше, особенно в тропических областях, где высокая температура, влажность обуславливают быстрый переход SiO_2 из массивных пород в почву в виде гелей SiO_2 , откуда он поступает в избытке в растения (*Bambusa*, *Saccharina officinalis* и другие многочисленные злаки), в которых и происходит отложение $SiO_2 \cdot nH_2O$. В золе *Equisetum* особенно много находим SiO_2 ¹⁶.

Напомним еще о своеобразном процессе извлечения кремнезема диатомовыми из глинистых частиц и т. п. Мы имели случаи говорить об этом процессе в море.

¹⁵ Labbé (1933a, b) описал недавно кремниевые спикулы у моллюсков из Oncidiadae. Michio Kôno (1933) находил в панцире насекомых *Pulvinaria horii*, *Cerococcus murata* до 88% SiO_2 в золе.

¹⁶ См. анализы.

В результате работы диатомовых в природе ежеминутно возвращается взамен разрушенной горной породы новая, в виде опаловых тел, трепела и т. д. Разрушение каолиновых частиц глин связано с выделением тепла. Расщепление каолиновых частиц происходит и на суше, например, в почвах, где эта работа, вероятно, совершается при участии бактерий и, может быть, других Protozoa и растений. Участие бактерий в концентрации SiO_2 еще только начало выясняться, и совсем недавно было показано вновь существование кремниевых бактерий – *Bacillus siliceus* (Brusoff, 1933). Наконец, процессы образования латеритов идут в огромном масштабе под тропинками и, возможно, в известной степени находятся в связи с жизнедеятельностью организмов¹⁷.

В обмене кремния, в кремниевой геохимической функции принимают участие организмы, принадлежащие к древним типам организмов. У растений кремниевая функция (характеризующаяся, в частности, концентрацией организмами кремния, участием в породообразовании) сохранилась вплоть до примитивных однодольных (злаки, осоковые) и меньше – у других. У животных кремниевая геохимическая функция не поднялась выше *Porifera* (кремниевые губки). В других типах животных организмов мы не встречаемся с кремниевыми видами. Для них сохранилось лишь физиологическое значение кремния, который находится здесь обычно в малых количествах. Иными словами, мы встречаемся с ограниченным обменом кремния в тканях организмов (см. табл. 105).

Высказывалось мнение (Самойлов, 1923; Сауеух, 1916; и др.), что кремниевые организмы или, как мы теперь говорим, кремниевая функция живого вещества – наиболее древняя. Кремниевая функция принадлежит действительно организмам наиболее древних типов, но это не значит, что кремниевая функция древнее, чем кальциевая, фосфатная и другие геохимические функции живого вещества. Можно только сказать, что кремниевая функция не получила дальнейшего развития с образованием новых форм при эволюции организмов. Наоборот, например, кальциевая и фосфатная геохимические функции не потеряли своего значения. Эволюция форм кремниевых организмов остановилась на типах губок, а у растений – на злаках и т. п. Однако это не исключает в дальнейшем ходе развития организмов появления новых кремниевых форм (табл. 106).

Таблица 106
Состав *Porifera*

Состав	Организмы
Бесскелетные	Halisarcidae
$SiO_2 \cdot nH_2O$ гель + спонгин	<i>Collosclerophora</i> (?)
$SiO_2 \cdot nH_2O$ (опал) с или без спонгина	Demospongiae (Cornacuspongida, Tetraxonida); Hyalospongia
$SiO_2 \cdot nH_2O$ (кристаллы)	Hyalospongiae (?)
$SiO_2 \cdot nH_2O + CaCO_3$ (кальцит)	<i>Merlia</i> (Cornacuspongida)
$CaCO_3 + MgCO_3$ (кальцит)	Calcispongiae
$CaCO_3$ (арагонит)	<i>Astrosclera willeyana</i> ; ископаемые губки (?)
Спонгин (в соединит. тканях, спикулах)	Cornacuspongida

¹⁷ См. В.И. Вернадский, 1934.

Древность кремниевого цикла в живом веществе не может быть обоснована и ссылками на нахождение в наиболее древних породах кремниевых спикул губок, скелетов Radiolaria и т. п. Здесь весь вопрос в лучшей сохранности кремниевых скелетов, нежели известковых или фосфатных и других. Древние организмы встретились не с одними кремниевыми соединениями, а с теми же породами, сложного состава, с которыми встречаемся сейчас и мы. Поэтому, вероятно, одновременно существовали разнообразные геохимические функции живого вещества. И действительно, среди современных представителей древних типов организмов мы находим концентраторы всех обычных химических элементов. Нам известны не только кремниевые, но и кальциевые, железные, марганцевые, серные, фосфатные и др. Эти геохимические функции также получают различное развитие в ходе эволюции организмов.

8. Calcareea

Calcareea, которые содержат спикулы кальцита со значительным количеством $MgCO_3$, появились в девонских и карбоновых осадочных породах, т. е. значительно позднее, чем кремниевые формы кембрия и силура. О составе известковых губок мы судим лишь на основании трех более или менее подробных анализов. Все другие пробы являются качественными, но и их немного. С тех пор как Grant (1826) установил присутствие $CaCO_3$ в спикулах губок, они были выделены в отдельную группу (Calcareea).

$CaCO_3$ в спикулах находится в кристаллическом состоянии (Haeckel, 1872). Ebner (1877), Sollas (1886–1887), Rauff (1893) считали, что кристаллы $CaCO_3$ являются кальцитом. То же нашли Kelly (1901) в разных Calcareea, Bütschli (1908) – в *Leucandra aspersa*. Наконец, в последнее время Meigen (1901) в *Petrostroma sp.*, Schmidt (1924) в *Leucandra*, *Leuconia* и др. находили всегда кальцит. Minchin (1898) приводит наблюдения над развитием спикул у разных видов *Clathrina*. В эмбриональных спикулах их $CaCO_3$ находился в аморфном состоянии. Это явление, вероятно, имеет более общий характер для всех Calcareea¹⁸.

Calcareea по содержанию карбонатов Ca и Mg являются магниезиально-известковыми организмами (табл. 107). Об отношениях Ca : Mg в разных видах Calcareea говорить пока не приходится. Намечается большой размах в содержании губками $MgCO_3$ (от 4.0 до 14.0% $MgCO_3$!). Чрезвычайно важное указание сделали Fox, Ramage (1931) относительно *Clathrina*. Они обнаружили при спектроскопии золы этой губки сильную линию Sr, который, очевидно, здесь находится в виде $SrCO_3$.

Таблица 107
Химический состав Calcareea (в % зольного остатка)

Вид	$CaCO_3$	$MgCO_3$	$Fe_2O_3 + Al_2O_3$	SiO_2	$CaSO_4$	Место сбора	Автор
<i>Leucandra aspersa</i>	86.76	6.84	0.26	–	1.97	Средиземное море	Bütschli, 1908
<i>Grantia ciliata</i> *	84.92	4.61		10.47	0.00	Вудс-Хол, Массачусетс, США	Clarke, Wheeler, 1922

¹⁸ Maas (1904) наблюдала развитие Calcareea – *Sycandra setosa* в среде без $CaCO_3$; спикулы состояли из органического вещества и деформировались.

Таблица 107 (окончание)

Вид	CaCO ₃	MgCO ₃	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaSO ₄	Место сбора	Автор
<i>Leucilla carteri</i> var. <i>homoraphis</i> *	84.96	14.10	0.94	0.00		Пуэрто-Рико	Те же

*Ca₃P₂O₈ = (?).

На то, что мы мало знаем о составе Calcareae, указывают и другие разрозненные пока наблюдения. Здесь при дальнейших систематических наблюдениях встретимся с рядом неожиданностей. Так, Lister (1900) нашел в аберрантной форме *Astrosclera willeyana* скелет, состоящий из кристаллов арагонита, а не из кальцита, как это обычно для Calcareae. Присутствие арагонита в спикулах этой губки было проверено Hutchinson (1902) и Schmidt (1924). Нужно полагать, что химический состав этих губок будет отличен (меньше MgCO₃!) от других кальцитовых Calcareae. Мы думаем, что, во-первых, среди ныне существующих Calcareae еще могут встретиться и другие губки с арагонитом; во-вторых, есть все основания предполагать о существовании и в прошлом (например, среди Pharetronidae) видов губок с арагонитовым скелетом. Павлова описывает Pharetronidae, Ziit – ископаемую (распространенную с девона до третичного периода), но с сохранившимися до сих пор арагонитовыми иглами (?)¹⁹. Ничего не известно, наконец, о составе бесскелетных губок, так называемых Mexospongiae.

О содержании других обычных элементов – Na, K, Si и т. д. говорить преждевременно. Fox и Ramage (1931) нашли в *Clathrina* до 0.005% Li. Присутствие следов Sr, Ba, Li, P и др. в тканях магнезиально-известковых организмов имеет важное значение в процессе образования кристаллов CaCO₃, о чем мы еще скажем ниже. См. Ebner (1887), Minchin (1910).

9. Тяжелые металлы и другие элементы

Все определения металлов в губках носят случайный и чаще качественный характер. Присутствие «загрязнений» в губках еще более усложняет возможность составить более или менее верное представление о действительном распределении этих металлов по отдельным группам и видам.

Железо. Первые наблюдения Fe в губках были сделаны Laugier (1810). Качественно в губках его определял Schneider (1922) во многих видах: *Thenea muricata*, *Ephydatia fluviatilis*, *Sycon raphanus* и др., причем Fe локализовалось, как правило, в интерцеллюлярном веществе. У *Thenea* Fe находилось в спикулах. MacMunn (1886) выделил пигмент из губок²⁰, содержащий Fe (так называемый гематин, гистогематин MacMunn). Подобные же пигменты выделялись и другими. Отдельные определения железа имеются у Namack (1896), Naen и др. Определение тяжелых металлов было сделано рядом авторов. Так, Halfer в губках с острова Куба нашел 0.001% Fe в су-

¹⁹ Осторожность требует заметить, что: 1) как *Merlia normanii*, так и *Astrosclera willeyana*, обе содержавшие спикулы из арагонита, относимые к Pharetronidae, в настоящее время относятся к другим семействам, и даже возбуждается сомнение о принадлежности их к губкам (см. Wellner, 1909 о *Merlia normanii* и др.); 2) семейство Pharetrones – спорное и вызывает споры. Но все это увеличивает интерес к точному и полному изучению их химического состава.

²⁰ У видов *Halichondria*: *H. alba*, *H. panicea*, *Mexilla* (= *Halichondria*) *incrustans*, *Hymeniacion* *albescens*, *Halina* (= *Dercitus*) *bucklandi*, *Haliclona* (= *Reniera*) *rosea*, *Suberites wilsoni*.

хом веществе и следы Mn. Robin (1935) в основных скелетных тканях обнаружил 1.51% Fe в *Spongia officinalis* var. *hamakis* и 0.43% Fe в *S. zimocca irregularis*. Периферические части скелета этих организмов содержали 0.141 и 0.161% Fe соответственно. Интересно, что автор ставит содержание Fe в зависимость от возраста губок. Количественные определения Fe частью приведены в таблицах 101, 103, 104. Cotte (1903) определил Fe в *Tethya aurantium* (= *lyncurium*) и др.; Legerlotz (см. Arndt, 1924) – в пресноводной губке – *Spongilla lacustris*; Fox, Ramage (1931) указывают Fe в *Clathrina*; Phillips (1922) в неизвестной “sponge” нашел 0.0075% железа на сухое вещество. Нахождение железа в Porifera было известно еще Geoffroy (1706). Все указывает на значительную роль железа в Porifera, особенно в связи с нахождением железа в пигментах губок. Но нет систематических количественных определений Fe в губках. I. и W. Noddack (1939) приводят данные для тяжелых металлов и других химических элементов в *Halichondria* sp. (в % сухого вещества):

Ti	0.00083	Ni	0.0022	Ge	0.00003
V	0.0030	Cu	0.0034	Sn	0.00017
Cr	0.00002	Ag	0.0001	Pb	0.00055
Mo	0.00002	Au	0.000001	As	0.0005
Mn	0.0058	Zn	0.015	Sb	0.000008
Fe	0.25	Cd	0.00011	Bi	0.00006
Co	0.000005	Ga	0.00002		

Обращает внимание сравнительно высокое содержание Au. Содержание других химических элементов выше, чем в морской воде, но ниже, чем у других беспозвоночных.

Марганец. Качественно указан многими, например: Clarke, Wheeler (1922) – в губках, которые они анализировали; Harnack (1896) – в Euspongiae; Fox, Ramage (1931) – в *Clathrina* и др. Cotte (1903) специально определял Mn в губках. Качественно он обнаружил его в *Dysidea fragilis* (= *Spongelia pallescens elastica massa*) и *Tethya aurantium* (= *lyncurium*). В *Haliclona* (= *Reniera*) *simulans* содержалось 0.0097% Mn в 100 г сухого вещества, а в *Suberites domunculus* – 0.0032% Mn, тогда как в геммулах той же губки находилось до 0.02% Mn на сухое вещество, т. е. в несколько раз больше, чем в других тканях губки. Cotte (1903) связывает нахождение марганца в губках (геммулах) с его каталитическими свойствами (участие в окислительных процессах). Phillips (1922) в неизвестной губке нашел 0.0113% Mn, что значительно больше, чем в других анализированных им морских организмах.

Медь. Определения Cu в губках были произведены еще в прошлом веке и должны быть проверены. Все они относятся к видам из Spongia²¹. Ragazzini (1835) нашел 1.05% Cu в золе (!); Herberger (1935) – следы; Ulex (1865) – 0.01% Cu в 1 г золы (!); Lehmann (1895) – 0.00088% Cu в сухом веществе. Новые анализы нам почти неизвестны. Fox, Ramage (1931) в *Clathrina* спектрально нашли Cu; Phillips (1922) – 0.00065% Cu в неизвестной губке, а Bertrand (1903) обнаружил $5 \cdot 10^{-4}\%$ в сухой *Choanites* (= *Ficulina*) *ficus*.

Цинк. Единственное определение для цинка было сделано Phillips (1922). Он нашел в “loggerhead sponge” с о-ва Тортугаса 0.0047% цинка на сухое вещество.

Другие металлы. Из других металлов постоянно встречается алюминий: Struve (1835) нашел в *Spongilla lacustris* 1.77% Al₂O₃ в золе, у многих других элемент опре-

²¹ В так называемой губке купальной, греческой и т. п. Данные для Cu в губках – сомнительны – например Ulex (1865), на что обратил внимание Lossen (1865).

делялся только качественно в других видах. Согласно Bertrand (1943a, c), сухое вещество *Choanites* (= *Ficulina*) *ficus* содержит $1.3 \cdot 10^{-4}\%$ Мо и $1.7 \cdot 10^{-4}\%$ V.

Иод в губках впервые был обнаружен Davy (1814a, b), затем Fyfe (1819) в препарате *Spongia usta marina*; кроме того, он был также найден Vogel (1816), Göbel (1812), Napp (1822), Straub (1820), Hermbstaedt (1827, 1828), Sommer (1834), Sarphati (1837), Pasquier (1843), Peyer (1925); см. также Smith (1913) "Sponges as Fertilizer". Первые количественные определения иода в губках, принадлежат Stratingh (1823). Он нашел в *Spongia* и *Hippospongia* в 5 нидерландских фунтах губок 2 унции и 3 грана иода²² (2.7%. – Прим. ред.).

Содержание иода в них оказалось значительным, на что было обращено вскоре внимание всеми исследователями. Все последующие определения относятся главным образом к *Cornacuspongida* (табл. 109). Peyer (1925) нашел иод в пресноводных губках²³.

Hundeshagen в 1895 г. устанавливает, что в ряде тропических губок из *Cornacuspongida* содержание I исключительно высоко, превышая содержание его даже в водорослях. Ряд других авторов находили следующие количества I в различных губках (табл. 108, 109, 110).

Таблица 108
Содержание иода в губках (в % сухого веса)

Вид	Иод, %	Место сбора	Автор
Demospongiae			
Cornacuspongida			
<i>Spongia</i> sp. (?)	~1.0*	–	Herberger, 1835
	1.8*	–	Sommer, Preuss, 1837
	0.22	–	Heyl, 1847
	0.295	–	Bleyer, 1926
	0.387	–	Fellenberg, 1923
	0.85*	–	Herberger, 1836
" <i>Hippospongia</i> " sp. (?)	~0.1*	–	Тот же
<i>Haliclona</i> (= <i>Reniera</i>) <i>rufescens</i>	0.012	Канада, Тихоокеанское побережье	Cameron, 1914
<i>Myxilla parasifica</i>	0.01	То же	Тот же
<i>Mycale</i> (= <i>Esperella</i>) <i>adhaerans</i>	0.015	"	"
<i>Esperiopsis quatsinoensis</i>	0.027	"	"
<i>Raspailia abyssorum</i>	0.153	Братхолмен, близ Бергена, Норвегия	Closs, 1931
<i>Phakellia ventilabrum</i>	0.0135	Норвегия	Тот же
<i>Tragosia infundibiliformis</i>	0.007	"	"
<i>Microcionia prolifera</i>	0.3	Лонг-Айленд-Саунд, США	Bergmann, Johnson, 1933
Tetraxonida			
<i>Suberites domunculus</i>	0.001	–	Cotte, 1901
<i>Geodia mulleri</i>	0.0038	Братхолмен, близ Бергена, Норвегия	Closs, 1931

²² Davy (1814) отрицал; Sarphati (1837) указал на иод в *Haliclona* (= *Spongia oculata*).

²³ *Spongilla locusta*, *Ephydatia fluviatilis*.

Таблица 108 (окончание)

Вид	Иод, %	Место сбора	Автор
<i>Geodia</i> sp.	0.0037	Норвегия	Тот же
		<i>Hyalospongiae</i>	
<i>Aphrocallistes whiteavesianus</i>	0.019	Канада, Тихоокеанское побережье	Cameron, 1914
<i>Rhabdocalyptus dowlingi</i>	0.014	То же	Тот же
<i>Bathydorus dawsonii</i>	0.009	"	"

* Содержание иода в игле губок.

Таблица 109
Содержание иода в спонгине скелета разных губок (в %)

Вид	Иод	Авторы
<i>Spongia</i> sp.	1.8	Sommer, Preuss, 1837
	1.9	Croockewit, 1843a, b
	1.6	Harnack, 1896
	0.767	Sugimoto, 1928
<i>Hippospongia equina</i>	1.46	Clancey, 1926

Hundeshagen в 1895 г. определял иод в иодорганическом соединении (находящемся в скелетном веществе губок)²⁴, так называемом иодоспонгине, и нашел:

Verongia (= *Luffaria*) *cauliformis* – 8–10% иода;
Callyspongia (= *Aplysina*) *compressa* – 9–10%;
Callyspongia (= *Verongia*) *plicifera* – 10% и более.

И в других тропических губках с африканских, австралийских берегов он указывает иод. Меньше им найдено иода в тропических *Spongia*, *S. usitatis*, *Euchalina*, *Chalinopsis*, а также в *Aplysina aerophoba*²⁵ из Средиземного и Адриатического морей. Вероятно, количество иода, находящееся в губке, связано с количеством спонгина в губке. Ackermann, Müller (1941) изучили состав так называемого дииодтирозина губок, и оказалось, что он является смесью дииодтирозина и дибромтирозина в соотношении 1 : 5.

Поэтому собственно кремниевые губки бедны иодом, например, в анализах Cameron (1914). Бедны иодом и все Calcareae.

Исключительно богатые иодом губки принадлежат к семействам Aplysinidae, Spongiidae, Hippospongiae и др. из Cognacuspongia. Характер распределения иода в видах Porifera напоминает распределения иода в водорослях (единственные растения, которые концентрируют галогены) и в Alcyonaria. Во всех трех классах организмов мы встречаемся с обогащением иодом разных родов и видов в различной степени. Во всех трех классах известны исключительные иодные организмы, кон-

²⁴ Hornemann (1828, 1829) и Sommer (1834) указывали ранее на то, что иод связан в губках с органическим веществом.

²⁵ Возможно, идентифицируется с *S. officinalis*.

центрирующие до целых процентов иод. Своеобразная неравномерность распределения в пределах типов, классов, на что мы уже указывали, является характерной по отношению названных организмов.

Таблица 110
Содержание иода в иодоспонгине (в %)

Вид	I	Автор
<i>Spongia officinalis</i>	4.86	Rosenfeld, 1901
	1.5	Harnak, 1898

В пресноводных губках содержание иода значительно меньше. Качественно иод был указан в них Peyer (1925) и Arndt (1926–1929), I в губках находился в виде иодорганического комплекса. Wheeler, Mende (1909–1910), Scott (1906) показали, что иодорганическое вещество губок содержит следующее количество иода (3-5 – diiodotyrosin). Oswald (1911) нашел, что в таком соединении находится лишь 15.7% всего иода губок. Остальной иод, более лабильный, находится, вероятно, в каком-то другом соединении, ближе еще не изученном.

Бром. Качественные указания на Br в губках (*Spongia* и др.) имеются у Hermbstaedt (1827, 1828), Jonas (1828), Pasquier (1843), Nadler (1866); Hundeshagen (1895) в иодоспонгине находил 1–2% Br [тропические губки, вероятно – *Aplysina compressa*, *Verongia* (= *Luffaria*) *cauliformis* и *Callyspongia* (= *Verongia plicifera*)].

Количественные определения Br относятся к половине прошлого века:

Demospongiae			
Comacuspongida			
<i>Spongia</i> sp.	<0.5	Br (уголь губки)	Herberger, 1835*
	0.36		Herberger, 1836
	0.60		Sommer, Preuss, 1837
<i>Hippospongia</i> sp. (?)	0.42		Herberger, 1836
<i>Phakellia</i> sp.	0.008	Сухая губка	Симорин, 1934
<i>Haliclona</i> (= <i>Reniera</i>) sp.	0.007	То же	Тот же
Tetraxonida			
<i>Suberties domunculus</i>	0.044	Сухая губка	Cotte, 1901

* Определены были вместе KI и KBr. Данные имеют лишь историческое значение, относятся к сожженной губке (углю).

В целых губках были определены следующие количества Br (% сухого вещества):

Comacuspongida		
<i>Myxilla parasitica</i>	0.0245	Neufeld, 1936
<i>Mycale</i> (= <i>Experella</i>) <i>adhaerans</i>	0.0195	Тот же
<i>Ephydatia mulleri</i> (пресноводн.)	0.00035	Селиванов, 1939
Hyalospongiae		
<i>Bathydorus dawsonii</i>	0.00725	Neufeld, 1936
<i>Rhabdocalyptus dowlingi</i>	0.00185	Тот же

Содержание брома в них оказалось значительно ниже содержания иода, который был определен в тех же видах губок Cameron (1914). Бром встречается в форме броморганической составляющей, дибромотиروزина, впервые открытого Sommer, Preuss (1837)²⁶.

Мышьяк. Данные немногочисленны (табл. 111). Неожиданно оказывается, что пресноводные формы богаче морских, что требует, однако, проверки. См. As в водорослях.

Bülow (см. Arndt, 1929) указывает на содержание As в пресноводных губках. Boecker (см. Arndt, 1929) в тех же губках *Spongilla locustris* и *Ephydatia fluviatilis* нашел соответственно от 0.00091 до 0.0024 и от 0.00081 до 0.00107% As на сухое вещество губок.

Таблица 111
Содержание As в губках (в % сухого веса)

Вид	As	Автор
<i>Desmacidon fruticosum</i>	0.000015	Bertrand, 1903
<i>Spongia</i> sp.	0.00055	Fellenberg, 1923
<i>Spongilla locusta</i> (пресноводная)	0.00091–0.0024	Bülow, Boecker (см. Arndt, 1929)
<i>Ephydatia fluviatilis</i>	0.00081–0.0012	Те же

Содержание бора. Goldschmidt, Peters (1932) в спонгиновом скелете (в золе) неизвестной губки (*Spongia?*) нашли 0.5% B_2O_3 , а в другой – *Aphrocallistes bocagei* – 0.1% B_2O_3 .

²⁶ Содержание брома и иода в губках интенсивно изучалось Low (1949). Анализируя 46 видов, представляющих все основные группы, за исключением Hexactinellida, она обнаружила 0.05–1.21% иода и 0.00–2.66% брома в сухой губке. Среднее отношение брома к иоду равнялось 1.0, что указывает на гораздо более эффективную концентрацию иода по сравнению с бромом. Кератиновые губки чаще содержат больше брома, чем бескератиновые. В кератиновых видах содержание обоих элементов варьирует более сильно, чем в некератиновых. Аккумуляция галоидов может происходить в отсутствие спонгина, как, например, в *Geodia gibberosa*, которая содержала 0.19% иода и 0.83% брома. Существуют и некоторые указания о том, что географический фактор играет роль регулятора химического состава: фауна Багамских островов и Флориды содержит более высокие концентрации галоидов, чем губки из бермудских вод. Крайне высокие цифры, полученные Hundeshagen, почти наверняка следует признать ошибочными. В дальнейшем анализы губок проводили Roche, Lafon (1949b), в которых определяли один только иод без анализов на бром. Они обнаружили лишь следы моноиодотиروزина (даже не во всех образцах) и пришли к выводу о том, что нередко содержание иода превышает суммарный стехиометрический эквивалент собственно тирозина и всех его производных в составе губок. Они считают возможным присутствие иодогистидина. Low (личные сообщения) исследовала этот вопрос на примере купальной губки, в составе которой были найдены небольшие количества обоих галоидов, однако в отношении иодогистидина она пришла к выводам, противоположным Roche, Lafon.

Глава VIII ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ COELENTERATA

1. Общие замечания

На смену древним палеозойским формам Coelenterata, многочисленным Stromatoporida, Graptolithida, Archaeocyathina, Tabulata и Tetracoralla в мезозое появились сохранившиеся и поныне представители современных Coelenterata, Hydrocorallina, Octocorallia, Hexacorallia и др. Подобно тому как древние вымершие формы *Stromatoporida*, *Tabulata* и др., имея минеральный скелет, участвовали в образовании обширных отложений известняков и т. п. пород, дошедших до нас в виде мраморов, рифового известняка и т. д., так и современные их потомки – известняковые Hydrocorallina и Hexacorallia, магнизиально-кальциевые Octocorallia возводят и ныне в теплых водах рифовые постройки. Hexacorallia распространены в прибрежных областях, на небольших глубинах в теплой воде; напротив, Octocorallia и, в частности, Alcyonaria – формы, преимущественно глубоководные.

Известковые породы, образованные различными кораллами, занимали минералогов с различных точек зрения, в особенности же в связи с вопросами происхождения доломитов, благодаря чему в науке собралось известное число анализов мадрепоровых и альционариевых кораллов. Анализы их очень однообразны. Нахождение CaCO_3 в скелетных частях кораллов было подтверждено в конце XVIII в. и было известно еще раньше¹. Hatchett (1799) имел десятки видов, главным образом Alcyonaria и др., и всегда находил в их скелетах CaCO_3 . Подобные же качественные определения для кораллов известны у Morozzo (1786–1787), Fourcroy, Vauquelin (1811), John (1814) и др. В течение прошлого (XIX. – *Прим. ред.*) века было исследовано до 200 видов различных Coelenterata. Данные многочисленны, но однообразны. Чтобы не повторяться, мы приводим их ниже в соответствующих местах. В 1922 г. Clarke, Wheeler обогатили наши знания о Coelenterata 22 новыми анализами.

Для удобства изложения мы примем такой порядок: вначале рассмотрим содержание воды, азота и т. п. во всех Coelenterata и химический состав в целом, как он известен для бесскелетных форм Coelenterata, а именно Actiniaria, Hydromedusae, Scyphomedusae и т. д.; затем химический состав семейства Hydrocorallina и отдельно Hexacorallia и, наконец, состав Octocorallia. Содержание тяжелых металлов и галоидов, As и других химических элементов рассмотрим сразу в отношении всех Coelenterata в отдельной главе.

¹ Hanow (1753–1755) получил минеральный скелет, сжигая коралл.

Таблица 112
Содержание воды в Coelenterata (в % сухого вещества)

Вид	Число анализов	H ₂ O	Органическое вещество	Зола	Место сбора	Автор
Hydrozoa (гидры)						
<i>Tubularia larynx</i>		39.05	–	39.65	–	Weigelt, 1891
<i>Alcyonium digitatum</i>		82.20	–	8.47	–	Тот же
<i>Thuiaria (= Sertularia) cupressina</i>	2	93.25	–	2.70	–	"
Hydrozoa (медузы)						
<i>Sarsia mirabilis</i>	58	96.65	–	–	Пьюджет-Саунд, США	Human, 1940
<i>Aequorea aequorea</i>		96.45	0.85	2.70	То же	Norris (см. Human, 1940)
<i>Aequorea aequorea</i> (крупные)	5	96.56*	–	–	"	Human, 1940
<i>Aequorea aequorea</i> (мелкие)	28	96.77	–	–	"	Тот же
<i>Aequorea coerulescens</i>		96.43	0.81	2.94	Японское море	Koizumi, Hosoi, 1936
<i>Phialidium gregarium</i>	65	96.71	–	–	Пьюджет-Саунд, США	Human, 1940
<i>Halistaura cellularia</i>	5	96.55	–	–	То же	Тот же
Среднее для Hydromeduse		96.59				
Scyphozoa (обычные морские районы)						
<i>Chrysaora hysoscella</i>	2	96.00	–	–	–	Krukenberg, 1881–1882
		96.30	–	–	–	Teissier, 1926
<i>Dactylometra pacifica</i>		96.41	0.74	2.85	Японское море	Koizumi, Hosoi, 1936
<i>Cyanea capillata</i>		96.47	0.68	2.85	То же	Те же
<i>Aurelia aurita</i>		97.92	2.10	–	–	Ladenburg, 1882
	2	95.34	4.66	–	–	(см. Möbius, 1882) Krukenberg, 1881–1882
	2	97.22	–	2.22	–	Weigelt, 1891
	9	96.17	–	–	шт. Мэн, США	Human, 1938
<i>Cassiopea xamachana</i>		95.45	–	–	–	Phillips, 1922
	6	94.14	–	–	–	Natao, 1917
<i>Rhizostoma pulmo (= cuvieri)</i>		95.39	1.6	3.00	–	Krukenberg, 1881–1882
<i>Rhizostoma</i> sp.		95.97	–	2.76	Тихий океан	Пентегов и др., 1928
Среднее для Scyphomedusae		96.07				

Таблица 112 (окончание)

Вид	Число анализов	H ₂ O	Органическое вещество	Зола	Место сбора	Автор
Scyphozoa (частично замкнутые моря)						
<i>Aurellia aurita</i>		98.22	–	–	Балтийское море	Meyer, 1914
		98.36	1.70	–	То же	Vibrans, 1873
<i>Rhizostoma pulmo</i>		99.28	–	–	Черное море	Севастопольская биостанция
Anthozoa-Actiniaria						
<i>Anemonia sulcata</i>		87.20	9.53	3.27	Неаполитанский залив	Pütter, 1908
<i>Actinia equina</i>		87.00	–	–	Кольский залив	Неопубликованные данные
<i>Actinia mesembryanthemum</i>		83.2	15.85	1.75	–	Krukenberg, 1881–1882
<i>Cerianthus membranaceus</i>		87.71	11.58	1.71	–	Тот же
<i>Sagartia troglodytes</i>		76.84	20.88	2.28	–	"
<i>Anthea cereus</i>		87.56	10.68	1.59	–	"
<i>Heliactis bellis</i>	2	89.99	–	2.71	–	Weigelt, 1891
Среднее для Actiniaria		85.64				

* В крупных *Aequorea* содержание H₂O варьирует от 96.54 до 96.60%, а в мелких – по меньшей мере от 96.58 до 97.08% H₂O. Разница между средними цифрами статистически значимая и, вероятно, коррелируется с разницей между содержанием H₂O в крупных *Halistaura* и мелкими *Sarsia* и *Phialidium* из одного и того же района.

2. Содержание воды, N, C в Coelenterata и химический состав их бесскелетных форм

О составе медуз и актиний сложилось представление, что в них заключено до 99% воды. Сейчас мы убедимся, что это не так. Во-первых, содержание воды меньше, а во-вторых, оно различно для медуз и актиний. Для *Hydrocorallina*, *Octocorallia* и *Hexacorallia*, имеющих минеральный скелет, определения воды еще более случайны и потому менее надежны. Содержание воды в *Tubularia* не дает представления о содержании воды в видах Coelenterata, имеющих минеральный скелет² (табл. 112).

Krukenberg (1881–1882) высказал подозрение об ошибках при определении воды в медузах. Эта задача весьма кропотливая, лишь многочисленные систематические определения дают некоторую уверенность в правильности полученных данных.

Actinians содержат воды от 76 до 86%, тогда как медузы содержат ее до 99% – это вообще максимальное количество воды, наблюдавшееся у беспозвоночных. Möbius (1882)³ нашел для *Aurellia aurita* от 97.94 до 97.90% воды, но Lowndes (1942), который приводит количество воды 95.56% в этих организмах, вероятно получил более точные результаты. Vernon (1895) давал для медуз очень небольшие цифры (0.50%)

² Из данных Phillips (1922) для 10 *Alcyonaria* могут быть получены числа содержания H₂O.

³ Анализ Ladenburg.

для сухого остатка для *Rhizostoma pulmo*. Krukenberg (1881–1882) в среднем получил 95.79% воды в медузах. К тому же порядку воды для взрослых форм медуз пришел и Teissier (1926), наблюдавший изменения содержания H_2O с первых стадий развития медузы *Chrysaora* до взрослых форм (табл. 113).

Для взрослой *Chrysaora* им получено 96.3% H_2O . По мере роста происходит поглощение воды медузой, одновременно с этим увеличивается и содержание солей. Та же тенденция к увеличению содержания воды в более взрослых индивидуумах намечается и в данных Natai (1917) для медузы *Cassiopea* (табл. 114). Исключительно высокое количество воды в медузе из Балтийского моря нашел Meyer (1914) – 98.22%. Его данные согласуются с данными Vibraus для того же региона. Bateman (1932), сравнивая различные результаты анализов сухого остатка, приходит к заключению, что количество воды в медузах высоко, а Meyer (1914) обнаружил лишь 0.15% сухого остатка в *Phacellophora camtschatica*. Таким образом, в среднем медузы имеют около 95–96% воды на живой вес, а актинии много меньше – 85%⁴.

Таблица 113
Содержание H_2O , органического вещества, золы и P
в *Medusa Chrysaora hyposcella* во время роста (в % живого вещества)

Возраст (стадия)	H_2O	Органическое вещество	Зола	P
<1 деления	64.9	–	–	–
1–2 дня	66.3	34.4	2.3	0.33
2 дня	67.5	–	–	–
3–4 дня	71.0	25.8	3.2	0.27
Scyphistoma	94.5	–	–	–
Взрослая Scyphistoma	96.3	–	–	–

Таблица 114
Содержание H_2O , органического вещества, золы и N
в *Medusa Cassiopea xamachana* во время роста (в % живого вещества)

H_2O	Органическое вещество	Зола	N
94.33	2.77	2.96	–
94.08	2.80	3.13	–
94.18	5.82		0.132
94.07	2.93	3.00	–
93.86	6.14		0.200
93.88	6.12		0.196

Очень высокое содержание H_2O , приведенное Gortner (1930), а именно 99.8%, явно ошибочно. Однако оказывается, что *Aurellia aurita* из слабо соленых вод Балтийского моря богаче водой (98.22–98.36), чем те же виды из нормальной океанской воды. Далее Dunkan (1942) обнаружил 99.0–99.3% H_2O в *Staspedacusta* из совершенно пресных вод.

⁴ Низкие числа для всего сухого остатка морских организмов <1.05% и т. п. неверны, потому что морская вода сама содержит >3% солей.

Согласно Frémy (1855), Weigelt (1891) и Clark, сухой остаток некоторых Coelenterata содержит значительное количество минерального вещества или золы, достигающее 55% в Madreporaria и Hydrocorallina и 35–40% в Alcyonaria; даже в бесскелетных формах, таких как *Veleva*, его содержание достигает 46.8% сухого вещества. В экспериментах Naurowitz, Waelsch (1926) после высушивания 100 кг *Veleva spirans* осталось всего 4.5 кг.

Определения N относятся почти исключительно к отдельным соединениям, выделенным из скелетного органического вещества Alcyonaria и др. (см. Krukenberg, 1881–1882; Drechsel, 1896), и реже встречаются определения его для целых организмов. Mohr (1937) обнаружил 25.35 г азота в 29.5 кг свежей *Syanea capillara*, т. е. около 0.103%. Соединительная ткань *Syanea* содержит протеин. Согласно нашим данным, сухое вещество *Syanea arctica* из Кольского залива содержит 0.634% N, или около 2.5% в обеззоленном веществе. Zeynek, Dimter (1935) исследовали состав 130 кг желеподобного вещества медузы *Rhizostoma pulmo*; они обнаружили заметное количество S и пришли к выводу, что это вещество сложено протеином, поскольку содержит аминокислоты. Таким образом, *Syanea*, *Rhizostoma* и многие другие медузы, по всей видимости, отличаются по составу от Siphonophora, таких как *Velella spirans*, в которой, по Naurowitz, Waelsch (1926), органическое скелетное вещество содержит хитин и, согласно Henze, (1908b), скелетное вещество этого организма содержит 8% N, а выделенный из него хитиновый материал – 6.3% азота.

Среди беспозвоночных Hydromedusae, Campanularia, Siphonophora, а также Scyphozoa и Stenophora содержат наименьшее количество азота – около 0.1–0.2% в живом веществе, или 1–3% в сухом веществе. Более молодые медузы содержат несколько больше азота, чем взрослые. Если вещество соединительной ткани медуз и пузырчатой ткани Stenophora состоит главным образом из протеина, как в данном случае, то последний, вероятно, представлен глюкоропротеином (табл. 115).

Таблица 115
Содержание N в Coelenterata (в % сухого и живого вещества)

Вид	Число анализов	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
<i>Tubularia larynx</i>		2.22	3.66	Weigelt, 1891
<i>Sertularia cupressina</i>	2	0.73	7.41	Тот же
<i>Aurelia aurita</i>	2	0.06	2.10	"
		–	3.97	Vibrans, 1873
<i>Alcyonium digitatum</i>		1.23	6.78	Weigelt, 1891
<i>Pennatula sp.</i>		–	5.76	Delff, 1912
<i>Cassiopea xamachana</i>		–	2.36	Mayer, 1914
		–	3.00	Hatai, 1917
<i>Helictis bellis</i>	2	–	9.91	Weigelt, 1891
<i>Antipathes abies</i>	3	–	13.71	Allen, 1930
<i>Rhizostoma sp.</i>		0.10	–	Пентегов и др., 1928
<i>Actinia equina</i>		1.39	10.45*	–

* Неопубликованные данные.

Наличие хитина вместе с протеином в этих организмах еще не доказано. Мягкие соединительные ткани Actinaria (Octocorallia и особенно Alcyonaria, Gorgonacea, Antipatharia и Pennatulacea) состоят из различных склеропротеинов, так же как кор-

неин и горгонин, которые содержат около 16% N. Fox (1926) указывает, что «торф», используемый в Японии в качестве удобрения и состоящий из сухих актиний *Cereus pedunculatus*, содержит 4.6% N и 1% P₂O₅. Среди Octocorallia, так же как среди некоторых Gorgonacea, Alcyonaria и Pennatulacea, есть виды, содержащие органическое вещество в скелетах; кроме этого, склеропротеин образует однородный скелет некоторых Gorgonacea, таких как *Holaxonia*. Скелеты Antipatharia (Hexacorallia) содержат протеин, так же как скелеты Alcyonaria, а скелеты ископаемых Graptolitoidea содержат хитин⁵. *Dictionema flabelliferum* слагает черные глинистые сланцы в странах Балтии; органическое вещество этих сланцев содержит около 3% N, что косвенно указывает на их животное происхождение; наличие хитина в них видно из химических анализов.

В *Actinia equina* – 5.83% C в живом весе и 43.6% в сухом. Других данных по этому элементу нет, за исключением приведенных Teissier (1926) и наших.

Состав раствора солей в тканях медуз занимал исследователей задолго до того, как Krukenberg (1881–1882), Macallum (1903) поставили вопрос о влиянии раствора солей моря на состав жидкостей медуз. Laugier (1810), затем Duval (1925) нашли в жидкостях медуз те же самые соли, которые встречаются и в морской воде. Krukenberg (1881–1882) произвел ряд определений содержания Cl в различных медузах (табл. 116) и в той морской воде, в которой они обитали, причем в медузах всегда находилось несколько больше Cl, чем в морской воде, что наблюдалось впоследствии и другими.

Таблица 116
Содержание Cl в медузах (в % их жидкостей)

Вид	Число анализов	Cl	Автор
<i>Aurelia aurita</i>		5.638*	Vibrans, 1873
	4		Krukenberg, 1881–1882
<i>Rhizostoma pulmo</i> (= <i>cuvieri</i>)	2	1.8300	Те же
<i>Chrysaora hyposcella</i>		2.059	"
<i>Aequorea aequorea</i> (= <i>forskalia</i>)		2.0164	"
<i>Cassiopea polypoides</i>	2	2.2980	"

* В золе.

Macallum (1903) поставил вопрос о содержании в тканях медуз и других животных анионов и катионов (вопрос о равновесии ионов). Из его анализов выяснилась близость в составе тканевых жидкостей медуз и морской воды. Macallum, как известно, пытался восстановить историю развития⁶ морских Invertebrata исходя из изучения состава жидкостей беспозвоночных.

Плотное вещество медуз имеет иной состав (в смысле минерального остатка), чем растворы тела. Имеется несколько анализов, относящихся к целым медузам. Расхождение анализов может быть объяснено различной степенью освобождения медуз, взятых для анализа, от морской воды. Особых предосторожностей при этом авторы не принимали. Поэтому на эти анализы надо смотреть как на предварительные.

Из таблицы 117 следует, что медузы содержат больше K и несколько больше Cl, чем морская вода, но меньше сульфатов и обычно меньше Mg.

⁵ Graptolites сейчас чаще относят к Hemichordata, а не к кишечнополостным.

⁶ Он дает содержание щелочей, Fe, P, Br в тканевом соке *Aurellia* и *Cyanea*.

В золе – *Veleva spirans* Naurowitz, Waelsch (1926) нашли Fe, Al, Ca, Mg, Na, K и галоиды. Для фосфора см. наблюдения Teissier (1926), приведенные в таблице 113. Относительно велико содержание серы. Naurowitz, Waelsch (1926), исследуя гонады *Rhizostoma pulmo*, в различных вытяжках из них определили P, N (и также Na, K, Cu, Mg и Fe) и обратили внимание на очень высокое содержание S, что является общим для многих морских организмов (табл. 117, 118).

Таблица 117
Химический элементарный состав Medusae (в % живого вещества)

Вид	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₃	Сумма ионов	Автор
<i>Cyanea arctica</i>	0.89926	0.068935	0.034863	0.10221	1.6242	0.11349	2.9029	Macallum, 1903
<i>Aurellia flavidula</i>	0.92877	0.04810	0.03841	0.10981	1.7231	0.12245	2.9716	Тот же
Морская вода (Canso)	0.91898	0.03350	0.03533	0.11085	1.6543	0.18931	2.9422	"
<i>Aequorea coerulescens</i>	1.01	0.092	0.0385	0.118	1.90	0.182	3.34	Koizumi, Hosoi, 1936
<i>Cyanea capillata</i>	0.98	0.061	0.0385	0.117	1.94	0.087	3.22	Те же
<i>Dactylometra pacifica</i>	0.98	0.068	0.0369	0.111	1.93	0.105	3.23	"
Морская вода (Asamushi)	0.98	0.0355	0.0387	0.119	1.78	0.208	3.16	"
<i>Catylorhiza sp.</i> (зонтик)	100*	4.63	3.86	11.6	1.66	–	–	Johnston, 1939
<i>Catylorhiza sp.</i> (манубриум)	100*	4.87	3.81	13.6	1.62	–	–	Тот же
Морская вода (Средиземное море)	100*	3.57	4.16	12.1	1.83	–	–	"

* Содержание Na принято равным 100%.

Таблица 118
Химический элементарный состав Hydroidea и Medusae (в % зола)

Вид	Число анализов	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	SO ₄ ²⁻	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Cl	Зола	Автор
<i>Tubularia larynx</i>	1	1.42	Следы	5.95	–	–	–	–	–	–	65.36	Weigelt, 1891
<i>Sertularia cupressina</i>	2	3.23	2.21	10.85	–	–	–	–	–	–	41.07	Тот же
<i>Aurelia aurita</i>	2	0.52	Следы	2.11	–	–	–	–	–	–	80.47	"
<i>Aurelia aurita</i> *	1	0.18	11.9	0.38	3.27	37.08	0.83	–	2.18	56.38	62.94	Vibrans, 1873

* Балтийское море.

Для *Actinaria* химические данные еще меньше. Javillier, Crémieu (1928) нашли в *Sagartia parasitica* 0.16% P на живое вещество. По нашим данным, *Actinia equina* (Кольский залив) содержала 0.18% P на живое вещество (1.43% P на сухое вещество) и 0.25% S на живое вещество (или 1.95% на сухое вещество). Needham (1931) определял различные соединения P в *Anthea rustica*, а Крепс, Борсук, Вержбинская то же в мускулатуре *Cyanea arctica*, *Actinia equina* и *Metridium dianthus*. О содержании тяжелых металлов, галоидов и т. д. в *Actinaria* см. дальше.

3. Hydrocorallina

Из современных Hydrozoa виды семейства Hydrocorallina имеют твердый известковый скелет. Анализы относятся только к скелетным частям этих организмов. Hatchett (1799) среди других Coelenterata имел и виды *Millepora*, в скелете которых был найден им CaCO_3 . Silliman (1846) дал серию количественных определений состава кораллов, в том числе и для видов Hydrocorallina, показавших преобладающее содержание CaCO_3 в скелетах Hydrocorallina. Все последующие исследования очень часто ограничивались определением Ca, Mg. Определения относятся к двум родам Hydrocorallina – *Millepora* и *Distichopora* (табл. 119).

Таблица 119
Химический состав Hydrocorallina (в % зольного остатка)

Вид	CaCO_3	MgCO_3	P_2O_5	Al_2O_3 , Fe_2O_3	SiO_2	CaSO_4	Место сбора	Авторы
<i>Milleporina</i>								
<i>Milleporina alaicornis</i>	98.22	0.95	Следы	0.11	0.24	0.48	Тортуга, США	Clarke, Wheeler, 1922
	99.63	0.22	"	0.07	0.02	0.06	Бермудские острова	Те же
	97.45	Следы	(0.27)	Следы	–	–	Атлантический океан, Гольфстрим	Sharples, 1871
	94.39	0.97	–	–	–	–	Бермудские острова	Högbom, 1894
<i>Millepora braziliensis</i>	96.77	1.28	Следы	0.06	0.09	1.80	Бразилия	Clarke, Wheeler, 1922
	93.80	2.08	–	0.07	0.03	2.14	–	Lenox (см. Branner, 1901)
<i>Millepora cervicornis</i> *	87.32	8.50	0.23	0.55	0.63	–	–	Damour, 1851
<i>Millepora tortuosa</i>	94.23	–	(1.20)	Следы	–	–	–	Silliman**, 1848
<i>Millepora</i> sp.	95.86	0.41	–	–	–	–	Бермудские острова	Högbom, 1894
<i>Stylasterina</i>								
<i>Distichopora nitida</i>	98.22	0.24	Следы	0.21	0.11	1.22	Микронезия	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Distichopora coccinea</i>	98.43	0.26	"	0.07	0.09	1.15	Си Айленд	Те же
<i>Distichopora sulcata</i>	98.56	0.26	"	0.05	0.07	1.06	Куба	"

* Анализ фоссилизированного образца. Содержит щелочи и органическое вещество.
** В анализах Silliman имеется органическое вещество + $\text{H}_2\text{O} = 4.57$; под P_2O_5 указана сумма фосфатов.

Все скелеты Hydrocorallina почти нацело состоят (в неорганической части) из CaCO_3 с небольшой подмесью MgCO_3 , фосфатов и сульфатов (?). Только в бразильском виде, по Lenox (см. Branner, 1901), содержание MgCO_3 достигает 2.14%, во всех остальных его меньше 1%. Анализ Damour (1851), относившийся к ископае-

мой форме *Millepora*, содержал 8.51% MgCO₃⁷. Bütschli (1908) указал качественно на малое содержание Mg в скелете *Millepora alcicornis*. В соответствии с малым содержанием магния Sorby (1879) находил в скелетах *Hydrocorallina* кристаллы арагонита. Не противоречат этому и наблюдения Kelly (1900). Она ошибочно считала в некоторых случаях арагонит «конхитом» (см. об этом в главе XX). Meigen (1901) в *Millepora*, *Distichopora* и *Stylaster roseus* нашел арагонит.

То же подтвердил и Schmidt (1924). Содержание арагонита в этой группе *Coelenterata* не является изолированным. Близкие им вымершие *Stromatororida*, известные с девона, по мнению Nicholson (1892), содержали в своем скелете не кальцит, а арагонит⁸. Очень вероятно содержание арагонита в современных и вымерших *Tubularia*. Среди *Hydrozoa* в прошлом, как, вероятно, и среди *Calcarea* (*Pogifera*), было много видов, содержащих в скелетах арагонит⁹. Содержание в золе современных *Hydrocorallina* других химических элементов, кроме Ca и Mg, систематически не изучалось.

4. Hexacorallia

Как и в *Hydrozoa*, часть видов *Hexacorallia*, собственно «кораллы», имеют известковый скелет, другие же, так называемые *Actiniaria*, о составе которых мы говорили выше, его не имеют. Исследование мадрепоровых кораллов ограничилось анализами скелетов, главным образом выяснившими содержание в них Ca и Mg (качественно – см. у Hatchett, 1799 и мн. др.). Merat-Guillot (1797) и Silliman (1846) дали первые количественные анализы их скелетов.

Более современные анализы принадлежат Clarke, Wheeler (1922) (табл. 120). Klement (1895), кроме того, нашел до 0.4% MgCO₃ в *Stylophora digitata*. Скелеты *Hexacorallia* также бедны Mg и в пределах тех данных, которыми мы располагаем, не отличаются в главном от состава скелетов *Hydrocorallina*¹⁰.

Мы уже показывали для *Vruzoa* и других морских беспозвоночных связь между формой их скелета и местом обитания. Это особенно справедливо для *Hexacorallia*, *Madrepora pulchra* и других кораллов, которые имеют лишь несколько ветвей в чистой воде и много в мутных водах; в тихой воде организмы не образуют длинные ветви, в глубокой воде – ветви длинные и ветвистые, а в зоне действия прилива они компактные, подобно губкам (см. Jones, 1867).

Hosoi (1935), который изучал обмен между морской водой и соединительными тканями морских анемонов, определил следующее содержание H₂O и Ca (в %):

	H ₂ O		Ca	
<i>Crihrina</i> sp.	76.3	0.0298 (0.1237 в сухом веществе)		
<i>Metridium dianthus</i>	79.3	0.0291 (0.1441 "	"	"
<i>Diadamene</i> sp.	78.7	0.0265 (0.1241 "	"	"

⁷ Что следует отнести к метаморфическим изменениям.

⁸ Мы встречали указания о нахождении арагонита в скелетах ископаемых беспозвоночных, найденных не ниже меловых отложений. В.И. Вернадский сообщил нам, что минерал арагонит также встречался в меле и выше.

⁹ См. *Archaeocyathina* и *Graptolithida*. Последние были планктонными организмами, у них, возможно, был в скелетах арагонит.

¹⁰ Рах (1914) наблюдал различную степень инкрустации, состоящей из песчинок, кусочков скелетов других беспозвоночных, у видов *Zoontharia*, не имеющих другого скелета. *Palythoa liscia*, *P. sphaerimorpha* и *P. seyschellarum* богаты CaCO₃ (морфологически определено содержание карбоната кальция в инкрустации скелетов – более 50%). *Palythoa braunsi* бедны CaCO₃. *Palythoa gregorii* CaCO₃ не содержит. Другие виды не инкрустируют.

Как видим, Са немного меньше в соединительных тканях, чем в морской воде (см. определение CaCO_3 у Skeats, 1903 и Meyer, 1914).

Среди Coelenterata у Madreporaria и Hydrozoa мы впервые встречаемся с обширным процессом образования арагонита в тканях беспозвоночных¹¹. Форма арагонита менее устойчива в неорганической природе, нежели обычный кальцит. Причины, вызывающие устойчивость арагонита в скелетных частях Coelenterata и др., мы будем иметь случай подробно рассмотреть. Образование арагонита связано с составом ионов, температурой, рН и др., среды тканей, в которых он выделяется. Для кальцита или какой-либо другой модификации CaCO_3 , очевидно, эта среда будет иной.

Таблица 120
Химический состав Hexacorallia (в % зольного остатка)

Вид	CaCO_3	MgCO_3	P_2O_5	Al_2O_3 , Fe_2O_3	SiO_2	CaSO_4	Место сбора	Авторы
<i>Balanophylli floridana</i>	98.05	1.11	Следы	0.74	0.10	(?)	Флорида (южнее Ки-Уэст), США	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Paracyathys defilipii</i>	98.32	0.87	"	0.37	0.44	0.00	То же	Те же
<i>Dendrophyllia cornucopia</i>	99.35	0.43	"	0.12	0.10	(?)	"	"
<i>Favia fragum</i>	99.20	0.39	"	0.12	0.29	(?)	Флорида, Тортуга, США	"
<i>Eusmilia aspera</i>	99.50	0.46	"	0.04	0.00	(?)	То же	"
<i>Cladocera arbuscula</i>	99.50	0.11	"	0.08	0.31	(?)	"	"
<i>Agaricia purpurea</i>	99.35	0.61	0.00	0.00	0.04	(?)	"	"
<i>Orbicella annularis</i>	99.38	0.59	0.00	0.03	0.00	(?)	"	"
<i>Dasmosmilia lymani</i>	98.71	0.63	Следы	0.28	0.21	0.17	40°06'50" с. ш. 70°34'15" з. д.	"
<i>Flabellum alabastrum</i>	99.42	0.37	"	0.12	0.09	(?)	Около Багамских островов	"
<i>Dendrophyllia profunda</i>	99.47	0.12	"	0.07	0.34	(?)	То же	"
<i>Flabellum pavoninum</i> var. <i>paripavoninum</i>	98.61	0.43	"	0.55	0.41	(?)	Гавайские острова	"
<i>F. sp.</i>	99.41	0.37	"	0.15	0.07	(?)	Китайское море	"
<i>Madracis decactis</i>	99.06	0.76	"	0.14	0.04	(?)	Бермудские острова	"
<i>M. kauaiensis</i>	99.50	0.33	Следы	0.11	0.06	(?)	Гавайские острова	"
<i>Deltocyathus italicus</i>	98.98	0.54	"	0.26	0.22	(?)	18°30'с. ш. 63°31'з. д.	"

¹¹ Мы уже встречались с арагонитом у Chlorophyceae.

Таблица 120 (продолжение)

Вид	CaCO ₃	MgCO ₃	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaSO ₄	Место сбора	Авторы
<i>Acropora cervicornis</i>	99.49	0.45	"	0.06	0.00	(?)	Багамские острова	"
<i>Madrepora</i> sp. (4)*							То же	Silliman**, 1846
<i>Maeandra clivosa</i>	99.21	0.73	0.00	0.04	0.02	(?)	Багамские острова	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Maeandra</i> <i>labyrinthiformis</i>	99.39	0.57	Следы	0.04	0.00	–		Те же
<i>M. phrygia</i>	93.56	–	(0.91)	–	–	–		Silliman**, 1846
<i>Pocillopora caespitosa</i>	94.55	–	(1.05)	–	–	–		Тот же
<i>P. elongata</i>	93.60	–	(1.90)	–	–	–		"
<i>P. damicornis</i>	94.66	–	(0.55)	–	–	–		"
<i>P. ligulata</i>	93.85	–	(0.55)	–	–	–		"
<i>P. grandis</i>	95.00	–	(1.45)	–	–	–		"
<i>Turbinaria</i> <i>brassica</i>	92.75	–	(1.50)	–	–	–		"
<i>Corallium</i> sp.	97.57	0.59	(?)	0.59	1.25	(?)	Панама	Schaller (см. Clarke, Wheeler, 1922)
<i>Coelaria daedalia</i>	–	0.32	–	–	–	–	Эфиопия	Nichols, 1906
<i>Heliastrea aperta</i>	96.52	0.88	–	0.07	0.05	–	Бразилия	Lenox (см. Branner, 1901)
<i>Mussa harttii</i>	99.66	0.54	–	0.2	0.12	–	"	Тот же
<i>Porites verrillii</i>	96.28	0.42	–	0.09	0.03	0.91	"	"
<i>Symphyllia harttii</i>	93.44	0.52	–	0.22	0.05	–	"	"
<i>Porites clavaria</i>	99.49	0.37	Следы	0.10	0.04	(?)	Багамские острова	Clarke, Wheeler, 1922
<i>P. astreoides</i>	99.56	0.40		0.02	0.02	(?)	То же	Те же
<i>Orbicella</i> <i>cavernosa</i>	99.13	0.77	0.00	0.00	0.10	(?)	"	"
<i>Mussa dipsacea</i>	99.71	0.09	Следы	0.05	0.15	(?)	Риф Голден Кэй	"
<i>Desmophyllum</i> <i>ingens</i>	99.21	0.59	"	0.06	0.14	(?)	Берег Чили	"
<i>Siderastrea</i> <i>radians</i>	99.27	0.48	"	0.12	0.13	(?)	Флорида, США	"
S. sp.	99.35	0.42	(?)	Следы	0.230	(?)	Бермудские острова	Eakins (Clarke, Wheeler, 1922)
<i>Porites furcata</i>	99.95	0.82	Следы	0.11	0.12	(?)	Флорида, США	Clarke, Wheeler, 1922
<i>P. favosa</i>	95.84	–	(2.05)	–	–	–		Silliman**, 1846
<i>P. fragosa</i>	93.88	–	(1.56)	–	–	–		Тот же
<i>P. cylindrica</i>	94.81	–	(0.95)	–	–	–		"

Таблица 120 (окончание)

Вид	CaCO ₃	MgCO ₃	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaSO ₄	Место сбора	Авторы
<i>P. limosa</i>	94.41	—	(0.90)	—	—	—	—	"
<i>P. sp. (3)*</i>	93.10	—	(1.48)	—	—	—	—	"
<i>P. sp. (3)**</i>	95.94	—	0.62	—	—	—	Бермудские острова	Högbom, 1894
<i>Oculina diffusa</i>	99.47	0.41	Следы	0.05	0.07	(?)	Тортуга, Флорида, США	Clarke, Wheeler, 1922
<i>O. sp.</i>	96.20	0.36	—	—	—	—	—	Högbom, 1894
<i>Madrepora prolifera</i>	95.09	—	(0.30)	—	—	—	—	Silliman**, 1846
<i>M. prolifera (M. muricata)</i>	99.38	0.14	Следы	0.07	0.20	0.21	Багамские острова	Clarke, Wheeler, 1922
<i>M. palmata (M. muricata var. palmata)</i>	94.81	—	(0.74)	—	—	—	Гольфстрим	Silliman**, 1846
<i>M. plantiginea</i>	94.88	—	(0.71)	—	—	—	—	Тот же
<i>M. spicifera (M. armata)</i>	92.81	—	(0.6)	—	—	—	—	"
<i>Astraea cellulosa</i>	—	0.542	—	—	—	—	—	Forchhammer, 1852
<i>A. orion**</i>	96.47	—	(0.80)	—	—	—	—	Silliman**, 1846
<i>A. sp. (5)*</i>	94.51	—	(0.86)	—	—	—	—	Тот же

* В скобках число определений.

** Анализы Silliman не могут быть пересчитаны и поэтому даются в первоначальной форме. Везде входят органическое вещество и H₂O. Под "P₂O₅" показаны фосфаты, SiO₂. Silliman указывает F. Однако прямых определений не было сделано. Анализы устарели.

В связи с этим возникают вопросы о составе скелетов тех видов, ныне вымерших, которые явились родоначальниками, например, современных Hexacorallia, Tetracorallia или др. Непосредственное определение кристаллической структуры их скелетов, однако, невозможно вследствие процессов минерализации, превращающих арагонит в более устойчивый кальцит. По этой причине в органогенных осадках уже ниже мела мы арагонита, как правило, в ископаемых скелетах беспозвоночных не встречаем. На помощь может прийти более тонкое изучение химического состава скелетов ископаемых организмов и сравнение их состава с составом современных организмов. Присутствие отдельных микроэлементов в известных количествах типично для определения известковых и известково-магнезиальных организмов.

5. Octocorallia

Содержание органического вещества в этих кораллах выше других, напоминающая содержание органического вещества в губках. По содержанию минерального остатка в различных Alcyonaria их семейства (или виды внутри семейства) могут быть расположены в известном порядке. Имеет ли это какое-либо систематическое значение (а следовательно, и генетическое), должно показать будущее. Продолжая сравнение химического строения скелетов Alcyonaria с Porifera (Calcarea), напомним, что скелеты Alcyonaria и в морфологическом отношении имеют много общего

с Porifera. Их спикулы по своему химическому элементарному составу одинаковы с составом спикул магнизиально-кальциевых губок (*Porifera*), отличаясь составом органического вещества (см. Fürth [1926], Mörner [1907, 1908, 1913b], Henze [1908b] и др.; сравните состав органического вещества *Gorgoniidae* и *Pennatulidae*). Спикулы этих организмов могут быть органическими, частично кальциевыми или однородными с CaCO_3 .

На значительное содержание Mg в скелете *Alcyonaria* сравнительно с другими *Coelenterata* было обращено внимание довольно поздно. В ранних анализах часто отмечается нахождение лишь CaCO_3 , реже фосфатов (Merat-Guillot, 1797; Hatchett, 1799; Fourcroy, Vauquelin, 1811)¹². Morozzo (1786–1787), Vogel (1814) указывают Mg в *Corallium rubrum*. Vogel (1814) находит для *Corallium* до 7% MgCO_3 , а затем Witting (1832) в нем же – до 6% MgCO_3 . В 50-х гг. прошлого (XIX. – *Прим. ред.*) столетия устанавливается взгляд на *Alcyonaria* как на организмы, которые по своему высокому содержанию MgCO_3 в скелетах могли бы участвовать в образовании доломитов. Еще больший интерес к составу скелетов *Alcyonaria* возбуждается высказанными Clarke, Wheeler (1922) идеями на зависимость содержания MgCO_3 в скелетах *Alcyonaria* от температурных условий мест обитания.

Все анализы *Alcyonaria* дают MgCO_3 в минеральном скелете от 6 до 17%. Исключение составляют *Heliopora*: в них лишь 0.35% MgCO_3 . С морфологической стороны *Heliopora* (и *Tubipora*) отличаются от остальных *Alcyonaria*. Скелеты всех *Alcyonaria* внутренние. У *Heliopora* имеется наружный трубчатый скелет, благодаря которому *Heliopora* сближают с высшим палеозойским отрядом *Tabulata*. Скелет *Heliopora*, по Meigen (1901), который еще не имел химических анализов, сложен из кристаллов арагонита, как у *Hexacorallia* и *Hydrocorallina*. Все же другие виды *Alcyonaria* (в том числе и *Tubipora*) в скелете имеют кристаллы кальцита, многочисленные определения которого у разных видов были сделаны Sorby (1879), Kelly (1900), Meigen (1901), Bütschli (1908)¹³, Schmidt (1924). По аналогии с прежними соображениями можно поставить вопрос о существовании арагонитовых скелетов и среди вымерших видов, близких *Heliopora* (например, *Tabulata*). Вернемся к химическому составу магнизиально-известковых *Alcyonaria* (табл. 121).

Таблица 121
Химический состав *Octocorallia* (в % зольного остатка)

Вид	CaCO_3	MgCO_3	P_2O_5	Al_2O_3 , Fe_2O_3	SiO_2	CaSO_4	Место сбора	Авторы
<i>Heliopora cerulea</i>	98.93	0.35	Следы	0.07	0.15	0.50	Филиппинские острова	Clarke, Wheeler, 1922
	95.54	–	(1.0)	–	–	–	–	Silliman, 1846
<i>Tubipora purpurea</i>	84.61	12.23	Следы	0.57	1.40	1.19	Сингапур	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Tubipora musica</i>	–	3.83	–	–	–	–	"	Forchhammer, 1852
<i>Corallium elatior</i>	86.57	11.56	0.40	0.15	0.00	1.32	Япония	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Corallium rubrum</i>	88.84	9.18	(0.72)	–	–	1.26	Средиземное море	Bütschli, 1908

¹² Krukenberg (1881–1882) и др. Jolly дает анализ “Coral rouge” (по Quinton, 1904) с 0.376 MgCO_3 (?); см. анализы, приведенные у Kunz.

¹³ Bütschli (1908) указывает на большое содержание Mg в *Tubipora musica* (чем отличается от *Heliopora*).

Таблица 121 (продолжение)

Вид	CaCO ₃	MgCO ₃	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaSO ₄	Место сбора	Авторы
	90.18	6.27	–	–	–	0.50	–	Vogel, 1816
	91.45	3.80	–	(4.8)	–	–	–	Witting, 1832
(?)	55.0	–	–	–	–	–	–	Merat-Guillot, 1797
	–	9.32	–	–	–	–	Средиземное море	Nichols, 1906
	–	2.13	–	–	–	–	–	Forchhammer, 1852
<i>Pennatula aculeata</i>	85.62	7.71	3.12	1.01	1.70	0.84	Банкере	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Pennatula</i> sp.	(48.9)*	–	–	–	–	–	44°47'с. ш. 56°33' з. д.	Frémy, 1855
	85.0	Не опр.	2.49	0.85	–	–	Ставангер, Норвегия	Delff, 1912
<i>Gorgonia subfruticosa</i>	79.84	13.43	0.47	0.28	0.55	5.43	О-ва Фиджи	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Gorgonia ocerosa</i>	81.45	12.52	3.64	0.22	0.22	1.95	Багамские острова	Те же
	79.48	13.29	2.87	0.24	0.04	4.08	Южная Флорида	"
	85.76	13.39	0.44	–	–	–	Тортуга, Флорида, США	Phillips, 1922
<i>Gorgonia citrina**</i>	85.29	13.43	0.22**	–	–	–	То же	Тот же
<i>Gorgonia flabellum</i>	86.04	13.12	0.44	–	–	–	"	"
<i>Gorgonia</i> sp. (?)	88.83	9.29	0.45	Следы	Следы	1.43	Охотское море	Виноградов, 1933
<i>Alcyonium carneum</i>	84.50	6.66	5.19	–	1.50	2.15	Ньюфаундленд	Clarke, Wheeler, 1922
<i>A. palmatum</i>	88.42	9.63	(1.02)	–	–	0.93	Средиземное море	Biitschli, 1908
<i>A. digitatum</i>	(46.65)	–	3.23	–	–	–	?	Weigelt, 1891
<i>A. rigidum</i> (спикулы)	–	10.50	–	–	–	–	О-ва Самоа	Phillips, 1922
<i>Plexaurella grandiflora</i>	85.61	13.79	Следы	0.15	0.45	Следы	Австралия	Clarke, Wheeler, 1922
<i>P. dichotoma</i>	–	2.11	–	–	–	–	–	Nichols, 1906
<i>P.</i> sp.	86.75	12.08	0.15	–	–	–	Тортуга, Флорида, США	Phillips, 1922
<i>P. homomalla</i>	86.29	12.01	0.04	–	–	–	То же	Тот же
<i>P. flexuosa</i>	80.87	16.90	0.35	–	–	–	"	"
<i>Pseudoplexaura crassa</i>	86.71	12.12	0.19	–	–	–	Тортуга, Флорида, США	Phillips, 1922
<i>Eunecia roussiani</i>	86.76	11.45	0.12	–	–	–	То же	Тот же
<i>E. crassa</i>	87.27	11.46	0.09	–	–	–	"	"
<i>E. tourneforti</i>	–	2.78	–	–	–	–	Багамские острова	Nichols, 1906
<i>Muricea humilis</i>	84.47	12.64	0.54	0.07	0.50	1.73	Бразилия	Clarke, Wheeler, 1922
<i>M. echinata</i>	83.79	12.28	0.83	0.06	0.11	2.93	Нижняя Калифорния	Clarke, Wheeler, 1922

Таблица 121 (окончание)

Вид	CaCO ₃	MgCO ₃	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaSO ₄	Место сбора	Авторы
<i>Paramuricea borealis</i>	85.11	8.03	1.43	0.30	0.44	4.69	Грэнд Бэнкс, Атлантический океан	Те же
<i>Paragorgia arborea</i>	88.04	9.05	0.56	0.03	0.15	2.17	Новая Шотландия, Канада	"
<i>Xiphigorgia anceps</i>	80.96	13.04	1.96	0.07	0.14	3.83	Южная Флорида, США	"
	84.91	13.23	0.26	–	–	–	Тортуга, Флорида, США	Phillips, 1922
<i>Rhipidogorgia flabellum</i>	83.38	12.64	1.09	0.28	0.21	2.40	Бермудские острова	Clarke, Wheeler, 1922
	80.75	13.19	2.80	0.07	0.24	2.95	Багамские острова	Те же
<i>Leptogorgia rigida</i>	75.36	14.13	7.95	0.21	0.28	2.07	Калифорния, США	"
<i>L. pulchra</i>	74.99	13.71	8.27	0.03	0.09	2.91	То же	"
<i>Phyllogorgia quercifolia</i>	72.99	15.73	8.57	0.26	0.34	2.11	Бразилия	"
<i>Ysis hippuris</i>	–	6.36	–	–	–	–	–	Forchhammer, 1852
<i>Briarium asbestianum</i>	85.13	13.21	0.13	–	–	–	Тортуга, Флорида, США	Phillips, 1922
<i>Pleurocorallium johnsoni</i>	93.87	6.03	(0.1)	–	Следы	–	Канарские острова	Anderson (см. Murray, Renard, 1891)
<i>Primnoa reseda</i>	90.39	6.18	0.83	0.88	0.13	1.59	Новая Шотландия, Канада	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Lepidisis caryophyllia</i>	92.94	6.92	Следы	0.05	0.11	0.68	38°53'00" с. ш. 69°23'30" з. д.	Те же
<i>Stenocella pectinata</i>	81.44	15.65	0.88	0.13	0.21	1.69	Австралия	"

* В сухом остатке коралла.

** В анализах Phillips под P₂O₅ показано Ca₃P₂O₈.

Мы видим довольно широкие колебания в содержании MgCO₃ в скелетах – от 6 до 17%, т. е. более чем в два раза. Clarke, Wheeler (1922) показали, что высокое содержание MgCO₃ в скелетах Alcyonaria принадлежит видам, взятым из теплых морей. Виды, полученные из холодных областей, содержат мало MgCO₃. Иными словами, количество Mg в скелете является функцией температуры места обитания. Эта закономерность распространяется, как мы видим, и на некоторые другие организмы с магниезально-известковым скелетом, и, например, по отношению к скелетам всех Echinodermata. Температурный режим имеет на земле зональное распределение. Этим устанавливается известная зональность и в отношении химического состава морских (да и наземных) организмов.

В таблице 122 приведены известные данные, показывающие зависимость между содержанием Mg в скелете Alcyonaria и температурой их мест обитания.

Наблюдающиеся отклонения от правила невелики. Виды, имеющие ареал обитания в водах Арктики и Антарктики, содержат в среднем около 6–12% MgCO₃.

Виды тропиков и субтропиков – до 17% $MgCO_3$, остальные имеют переходные количества $MgCO_3$. Несомненно, общие и закономерные для всех видов *Alcyonaria* изменения химического состава скелетов должны сказаться в каких-то общих морфологических изменениях видов одного ареала. К этому вопросу в более общей форме мы вернемся при описании *Echinodermata*¹⁴.

Несколько слов о содержании P и S в *Alcyonaria*. Еще Hatchett (1799) отмечал заметные количества P в *Gorgonia*, а также Silliman (1846); Frémy (1855); Valenciennes, Frémy (1855a) в *Pennatula*; Schmidt-Nielsen наблюдал этот момент в *Alcyonaria*. Clarke, Wheeler (1922) находили обычно около 0.5% P_2O_5 в сухом, но в видах семейств *Leptogorgiae* и *Phyllogorgiae* – до 8% $Ca_3P_2O_8$ на золу, на что они обратили внимание. Повышенному содержанию P отвечает и относительно высокое содержание Mg в этих видах. Факт высокого содержания P сам по себе замечателен. Но чтобы утверждать его значение как признака вида или рода, необходимо увеличить число наблюдений.

Таблица 122
Содержание $MgCO_3$ в скелетах *Alcyonaria* в зависимости от местообитания (в % золы)

Вид	$MgCO_3$	Местообитание		Место сбора	Автор
		Широта	Долгота		
<i>Primnoa resedaeformis</i> var. <i>pacifira</i>	9.29	42°15' с. ш.	130°55'5" в. д.	Охотское море	Виноградов, 1933
<i>Primnoa reseda</i>	6.18	42°16' с. ш.	63°15' з. д.	Новая Шотландия, Канада	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Alcyonium carneum</i>	6,66	45°11'	55°51' з. д.	Ньюфаундленд	Тот же
<i>Paragorgia arborea</i>	9.05	43° с. ш.	62° з. д.	Новая Шотландия, Канада	"
<i>Pennatula aculeata</i>	7.71	44°47' с. ш.	56°35' з. д.	Атлантический океан	"
<i>Paramuricea borealis</i>	8.03	–	–	Грэнд Бэнкс, Атлантический океан	"
<i>Lepidisis caryophyllia</i>	6.92	38°13' с. ш.	69°21' з. д.	Нантаскет-Бич, шт. Масс., США	"
<i>Rhipidogorgia flabellum</i>	12.64	32° с. ш.	–	Бермудские о-ва	"
<i>Tubipora musica</i>	3.83	–	–	Средиземное море (?)	Forchhammer, 1852
<i>Corallium rubrum</i>	6.27	–	–	То же	Vogel, 1816
	3.80	–	–	"	Witting, 1832
	9.18	–	–	"	Bütschli, 1908
	9.32	–	–	"	Nichols, 1906
	2.13	–	–	"	Forchhammer, 1852
<i>Alcyonium palmata</i>	9.63	–	–	–	Bütschli, 1908
<i>Ysis hippuris</i>	6.36	–	–	–	Forchhammer, 1852

¹⁴ Clarke и Wheeler (1922), например, обращают внимание, что в компактных формах – скелетах *Alcyonaria* (например, *Corallium*) меньше Mg.

Таблица 122 (продолжение)

Вид	MgCO ₃	Местообитание		Место сбора	Автор
		Широта	Долгота		
<i>Corallium elatior</i>	11.56	33° с. ш.	–	Япония	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Gorgonia acerosa</i>	12.52	25°5' с. ш.	–	Багамские острова	Те же
	13.29	23°3' с. ш.	–	Флорида	"
<i>Pleurocorallium johnsoni</i>	6.03	25°45' с. ш.	20°12' з. д.	Канарские острова	Anderson (см. Murray, Renard, 1891)
<i>Gorgonia citrina</i>	13.43	25° с. ш.*	–	Тортуга, Флорида, США	Phillips, 1922
<i>Gorgonia acerosa</i>	13.39		–	То же	Тот же
<i>Plexaurella</i> sp.(?)	12.08		–	"	"
<i>Eunecia crassa</i>	11.46		–	"	"
<i>Eunecia roussiani</i>	11.45		–	"	"
<i>Plexaurella homomalla</i>	12.01		–	"	"
<i>Pseudoplexaura crassa</i>	12.12		–	"	"
<i>Briarium asbestianum</i>	13.21		–	"	"
<i>Gorgonia flabellum</i>	13.12		–	"	"
<i>Xiphigorgia anceps</i>	13.23		–	"	"
<i>Plexaurella dichotoma</i>	14.12		–	"	"
<i>Plexaura flexuosa</i>	16.90		–	"	"
<i>Rhipidogorgia flabellum</i>	13.19		–	Багамские острова	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Leptogorgia pulchra</i>	13,71	24°36' с. ш.	–	Нижняя Калифорния	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Plexaurella dichotoma</i>	2,11	25° с. ш.*	–	Багамские острова	Nichols, 1906
<i>Funecia tourneforti</i>	2,78			То же	Тот же
<i>Leptogorgia rigida</i>	14,13	22°52' с. ш.	–	Мыс Сан-Лукас	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Xiphigorgia anceps</i>	13,04	23°30' с. ш.	–	Флорида, США	Те же
<i>Muricea echinata</i>	12,28	22°52' с. ш.	–	Мыс Сан-Лукас	"
<i>Gorgonia subfruticosa</i>	13,43	18° ю. ш.	178° з. д.*	О-ва Фиджи	"
<i>Plexaurella grandiflora</i>	13,79	13° ю. ш.*	–	Бразилия	"
<i>Alcyonium rigidum</i>	10,50	12° ю. ш.*	178° з. д.*	О-в Самоа	Phillips, 1922
<i>Ctenocella pectinata</i>	15,65	10° ю. ш.*	–	Торресов пролив	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Muricea humilis</i>	12,64	8° ю. ш.*	–	Бразилия	Те же

Таблица 122 (окончание)

Вид	MgCO ₃	Местообитание		Место сбора	Автор
		Широта	Долгота		
<i>Phyllogorgia quercifolia</i>	15,73	3°50' ю. ш.	32°25' з. д.	"	"
<i>Tubipora purpurea</i>	12,23	1°20' с. ш.	103°50' в. д.	Сингапур	"

* Приблизительно

Относительно низкое содержание серы (или даже ее отсутствие, как наблюдал, например, Frémy, 1855) в *Alcyonaria* является ошибочным, так как во многих случаях исследователи прибегали при этом к сжиганию *Alcyonaria*, что ведет к потере серы. Определения S в скелетном (органическом) веществе *Alcyonaria* имеются у Cook (1905), Mögner (1913) и Henze. Для щелочей нет систематических определений. Кремниевых *Coelenterata* нет. Содержание Si в *Alcyonaria* ничтожно.

Указание на высокое содержание Si в *Coelenterata* основаны на ошибках¹⁵. Количество его не превышает десятых процента сухого вещества.

6. Содержание тяжелых и других металлов в *Coelenterata*

Отсутствие более полных анализов *Coelenterata* отчасти может быть объяснено трудностью получения материала. Известные находки тяжелых металлов, редких земель в скелетах *Alcyonaria* дают основание думать, что мы можем здесь встретиться с повышенным содержанием некоторых из редких земель, Sr, Li, Ti и др.

Новые данные по содержанию главным образом тяжелых металлов в *Coelenterata* были получены путем спектроскопического и рентгеноспектрального анализа I. и W. Noddack (1939) для *Cyanea capillata* и *Metridium dianthus* (в % сухого вещества):

	Ti	V	Cr	Mo	Mn	Fe
<i>Cyanea capillata</i>	0.0006	0.0005	0.00013	0.0002	0.0006	0.015
<i>Metridium dianthus</i>	0.00073	0.0040	—	0.0018	0.0055	0.062
	Co	Ni	Cu	Ag	Au	Zn
<i>Cyanea capillata</i>	0.0007	0.003	0.0068	0.00038	7 · 10 ⁻⁷	0.155
<i>Metridium dianthus</i>	0.00017	0.0023	0.0032	0.0006	7 · 10 ⁻⁷	0.140
	Cd	Ga	Th	Ge	Sn	Pb
<i>Cyanea capillata</i>	0.0011	0.00006	3 · 10 ⁻⁶	0.00022	0.0032	0.0027
<i>Metridium dianthus</i>	0.00004	0.00004	3 · 10 ⁻⁶	0.00007	0.0015	0.0043
	As	Sb	Bi			
<i>Cyanea capillata</i>	0.0050	0.000016	0.00004			
<i>Metridium dianthus</i>	0.0009	0.000023	0.000016			

¹⁵ См. Haime (1849) о содержании SiO₂ в *Leiopathes glaberrima*.

Впервые мы имеем здесь порядок содержания в Coelenterata Cr, Mo, Ag, Au, Cd, Ga, Th, Ge, Sb, Bi. В соответствии с прежними данными в Coelenterata высокое содержание Zn. Отношение Co/Ni примерно такое же, как в морской воде (нет обогащения Co).

Железо. В части анализов, которые мы привели выше, имеются данные для Fe. Наблюдения Laugier (1810), Witting (1886), Schneider (1888, 1922), Macallum (1903) носят качественный характер. MacMunn (1886) выделил из *Actinia* пигмент¹⁶, близкий, по его мнению, к гемоглобину, так называемый actiniochrom, содержащий Fe. Macallum (1903) дает определения в *Aurelia* и в *Cyanea* (соке) Fe. Vogel (1816) высказал в свое время взгляд о том, что окраска *Corallium rubrum* зависит от присутствия железа.

С другой стороны, Норрег (1908) не нашел Fe в белом коралле. Окраска первого, однако, зависит от органического пигмента, и во всех исследованных кораллах было найдено Fe. Систематическое определение Fe находим у Phillips (1922), данные в таблице 123.

Mn. Определение Mn почти исключительно качественного характера. Richard (1898) указал Mn в медузах; Fox, Ramage (1931) – также в медузе *Cosmetira* (Mn, Fe, Cu). Phillips (1922) дает для Mn (см. табл. 123) серию определений. Содержание Mn колеблется от $n \cdot 10^{-4}$ до $n \cdot 10^{-5}\%$ на живой вес. В таблице сведены эти данные.

Zn. Относительно нахождения Zn имеются более определенные количественные данные, в общем показывающие, что содержание Zn в Coelenterata меньше, чем, например, в Crustacea, Mollusca и в некоторых других беспозвоночных. Zn в Coelenterata в среднем во много раз больше, чем Cu, как это наблюдается и для других беспозвоночных (табл. 124).

Cu. Cu была обнаружена многими (см. Ulex, 1865). Медь присутствует в Coelenterata сравнительно с другими беспозвоночными, особенно имеющими в крови гемоцианин, в меньших количествах. Таким образом, из тяжелых металлов у Coelenterata превалируют Fe и отчасти Zn.

Другие металлы¹⁷. Forchhammer (1865) определил в *Pocillopora alvicornis* около 0.0002% Pb и следы Ag. Fox, Ramage (1831) отмечают сильные линии Pb при спектральном анализе золы *Cosmetira pilosella*. Нами указан Ti, Pb в осевом скелете коралла *Primnoa resedaeformis* var. *pacifica* из Охотского моря. Отношение Co/Ni приблизительно то же, что и в морской воде без какого-либо обогащения Co. Bertrand (1943a, c) обнаружил $7 \cdot 10^{-5}\%$ Mo и $2.3 \cdot 10^{-4}\%$ V в сухом веществе *Anemonia sulcata*.

Таблица 123
Содержание Fe и Mn в Coelenterata (в % сухого вещества)

Вид	Fe	Mn	Автор
<i>Plexaura homomalla</i>	0.0105	0.00080	Phillips, 1922
<i>Plexaura flexuosa</i>	0.0215	0.0006	Тот же
<i>Gorgonium flabellum</i>	0.016	0.00095	"
<i>Pseudoplexaura crassa</i>	0.0215	0.0011	"
<i>Eunicea crassa</i>	0.0130	0.00045	"
<i>Eunicea rissoa</i>	0.0170	0.00030	"

¹⁶ О нем см. более новые работы Roche (1936a, b), Dhéré и др.

¹⁷ Taylor указывает V в актинии, не приводя ссылки. Указание, вероятно, сделано по ошибке.

Таблица 123 (окончание)

Вид	Fe	Mn	Автор
<i>Briarium</i>	0.0180	0.00055	"
<i>Xiphogorgia anceps</i>	0.0160	0.00040	"
<i>Gorgonia acerosa</i>	0.030	0.00070	"
<i>Cassiopea xamachana</i>	0.0008	0.0005	"
<i>Pleurobrachia pileus</i>	0.005	–	Cooper, 1939

Таблица 124
Содержание Zn и Cu в Coelenterata (в % сухого вещества)

Вид	Zn	Cu	Автор
<i>Pocillopora</i> sp.	–	0.0002	Forchhammer, 1865
<i>Actinosa metridium</i>	–	0.0001	Severy, 1923
<i>Medusa</i> sp.	–	0.00015	Rose, Bodansky, 1920
	0.00125	–	Bodansky, 1920
<i>Anthea cereus</i>	–	0.00235*	Dubois, 1900
<i>Physalia</i> sp.	–	0.00022*	Rose, Bodansky, 1920
	0.0013	–	Bodansky, 1920
<i>Plexaura homomalla</i>	0.008	0.0030	Phillips, 1922
<i>Plexaura flexuosa</i>	0.0012	0.0012	Тот же
<i>Gorgonia flabellum</i>	0.00122	0.0013	"
<i>Pseudoplexaura crassa</i>	0.00115	0.0011	"
<i>Eunecia crassa</i>	0.0032	0.0007	"
<i>E. rissoa</i>	0.0033	0.0009	"
<i>Briarium</i> sp.	0.00225	0.00045	"
<i>Xiphogorgia anceps</i>	0.0074	0.0007	"
<i>Gorgonia ancerosa</i>	0.0104	0.0006	"
<i>Cassiopea xamachana</i>	0.00310	0.00105	Ulex, 1865

* На живое вещество.

Элементы редких земель. Все известные качественные находения элементов редких земель относятся главным образом к Alcyonaria. Grookes (1883) в своих работах указывает на присутствие Y в *Gorgonacea* и затем пишет, что: «*Gorgonia*, относящиеся к видам *Melitoea* и *Mussa sinuosa*, несомненно, выносят из морской воды не только одну извести, но также и иттриевые редкие земли; другие современные кораллы *Pocillopora damicornis* и *Symphyllia*, близкие к роду *Mussa*, накапливающему иттриевые редкие земли, выделяют самариевые редкие земли из морской воды». Черник опробовал на редкие земли несколько видов и отмечает их присутствие (но без указания, какие именно)¹⁸.

Щелочные и щелочноземельные металлы. Li качественно найден Fox, Ramage (1931) в *Cosmetira*. О нахождении Rb и Cs в кораллах имеются очень общие указания. Присутствие Sr в кораллах многократно обнаруживалось, количественных же определений нет. Vogel (1816) находил Sr в кораллах и других морских организмах. Dieulafait (1877) обнаружил его в различных морских известковых организмах; Moretti уже в 1813 г. указывал Sr в различных мадрепоровых кораллах; Fox,

¹⁸ По частному сообщению.

Ramage (1931) в медузе наблюдали сильные линии Sr. Эти определения говорят о всеобщем распространении Sr в морских организмах, и не только в имеющих известковые скелеты, но и в бесскелетных формах, как, например, медузы. Нами Sr указан в одной *Gorgonia*. Noll (1934) нашел следующие количества Sr в кораллах: *Porites clavaria* (Флорида) – 0.42% Sr в золе; *Corallium rubrum* (Сицилия) – 0.17% Sr в золе; *Millepora alcicornis* (Флорида) – 0.43% Sr в золе. О распространении Sr в беспозвоночных см. раздел о Mollusca¹⁹.

Для Ba единственное указание дает Forchhammer (см. Dittmar, 1884), который нашел его в одной *Alcyonaria*.

Бор. Goldschmidt, Peters (1932) определили содержание В в скелетном веществе различных современных кораллов. Бор находится в них от 0.001 до 0.1% (В₂O₃). В ископаемых (палеозойских) кораллах В было найдено ими меньше – 0.05–0.005%. Авторы обращают внимание, что рифообразующие кораллы более богаты В, чем другие (табл. 125). Igelsrud, Thompson, Zwicker (1938) обнаружили 0.187% бора в сухом веществе *Hydrocorallina* с Филиппинских островов.

Галлий. Нами указан этот элемент в *Primnoa resedaeformis* var. *pacifica* из Охотского моря.

Аргон в Siphonophora. В пузыре *Physalia* газ по составу примерно отвечает составу воздуха. Quadrefages (1854) нашел в нем 17.78% O₂, остальное – N и CO₂.

Таблица 125
Содержание бора в Coelenterata (в % сухого вещества скелета)

Вид	В	Автор
Hexacorallia		
<i>Lophohelia anthophyllides</i>	0.03	Goldschmidt, Peters, 1932
<i>Amphihelia oculata</i>	0.03	Те же
<i>Herpetolitha limax</i>	0.015	"
<i>Dendrophyllia ramae</i>	0.003	"
<i>Pachyseris valenciennense</i>	0.015	"
<i>Porites clavaria</i>	0.015	"
Octocorallia		
<i>Isidella lofotensis</i>	0.0015	"
<i>Pennatula phosphorea</i>	0.0003	"
<i>Tuhipora purpurea</i>	0.015	"
<i>Corallium rubrum</i>	0.015	"

Schloesing, Richard (1896) определили 15.1% O₂, 83.2% N, кроме того и Ar, содержание которого оказалось «нормальным» – равным содержанию в воздухе (см. Hackspill, Rollet, Nicloux, 1926)²⁰. В пузырях рыб с глубины 1385 м (например, у *Synaphobranchus*) O₂ до 80% и отношение N : Ar в пузыре было иное, чем в воздухе, а при пересчете составляло 1.94% Ar, т. е. повышено относительно содержания Ar в воздухе.

Jacobs (1932) произвел определение состава газов в пузыре сифонофоры *Stephanomia bijuga* (Средиземное море). В среднем газ состоял из 10.9% O₂; 2.1% CO₂ – остальное азот + аргон.

¹⁹ Tsuchiya (1948) обнаружил 2.9% SrO в свежих кораллах, 1.97% – в старых обесцвеченных кораллах и 0.87% – в кальцийсодержащих водорослях.

²⁰ Определения, проведенные Pictet, Scherrer, Helfer (1925), ошибочны.

7. Галогены, мышьяк и радиоактивные элементы

Alcyonaria в отличие от других Coelenterata – организмы, концентрирующие галоиды, в частности иод и бром, которые в них находятся в виде галоидно-органических соединений. В этом отношении они близки к *Cornacuspongida*, имеющим идентичные иодорганические комплексы. Кроме того, Alcyonaria известны нам пока как единственные концентраторы Вг. Его содержание в них иногда превосходит в десятки раз содержания иода. Других «бромовых» организмов не открыто.

Balard первый нашел в 1825 г. иод в *Gorgonia*, а несколько лет спустя Sarphati (1837) – в *Gorgonia flabellum* (а также и в *Flustra foliacea*). Silliman (1846) обнаружил 14% Cl, 35% Вг и 13% иода в нерастворимой части золы *Gorgonia antipathes*. Иод был найден качественно многими другими: Witting (1832) – в *Corallium rubrum* (см. также Rossum, Balard). Систематическое изучение нахождения иода в Alcyonaria начинается работами Drechsel (1896), нашедшего в скелетном веществе *Gorgonia cavolini* 7.49% иода. Иод был связан с органическим веществом скелета, которое Drechsel (1896) описал как иодгоргоновую кислоту, по свойствам близкую к дииодтироzinу губок. Позже Henze (1907) и другие повторили эти исследования на других видах Alcyonaria. Наиболее полную картину о нахождении иода, Вг и Cl в скелетном веществе Alcyonaria дал Mörner (1907).

Имея в виду, что Alcyonaria и другие Octocorallia теряют при высушивании до 80% воды, можно рассчитать, что в живом веществе Alcyonaria содержание иода колеблется между 10^{-2} – 10^{-4} %, т. е. того же порядка, что и в водорослях и губках. Closs (1931) нашел в живом веществе *Paramuricea placomus* 0.0124% иода, а в *Alcyonium digitatum*:

– в плотных частях – 0.00078% иода на живое вещество, 0.0046% иода на сухое вещество;

– в жидкостях тела – 0.000031% иода на живое вещество, 0.00065% иода на сухое вещество.

Отсюда следует, что иод в Alcyonaria концентрируется в опорных частях. Данных о содержании иода и брома в скелетном веществе Alcyonaria довольно много.

Содержание иода и брома в скелетном веществе разных семейств и видов имеет известную дифференциацию. Например, все виды *Plexaura* и *Eunecia* (сем. Plexauridae) характеризуются содержанием более или менее одинаковых количеств иода (около 1% в сухом веществе скелетов) при содержании в нем Вг раза в два-три больше, чем иода; в то же время виды семейства *Gorgoniae* содержат иода больше, чем Вг, и в отдельных видах его содержание неравномерно, достигая в некоторых случаях как, например, у *Gorgonia cavolini* и *G. graminea* и др. до 7% иода. *Leptogorgia* имеет мало иода и в 5–10 раз больше Вг; сем. Pennatulidae содержит мало иода и относительно много Вг и т. п. Своеобразное содержание иода и брома в видах трех названных семейств заставляет нас думать, что этот признак тесно связан со всей организацией этих Alcyonaria (табл. 126–128).

В Биогеохимической лаборатории Академии наук СССР Симориным было найдено в гидроиде *Sertularia pumila* (Кольский залив) – $1.35 \cdot 10^{-10}$ % Вг (на живой вес!), а в актинии отсюда же – *Chondractinia digitata* – $9 \cdot 10^{-30}$ % Вг (на живой вес!), т. е. близко к содержанию Вг в морской воде.

Virey нашел иод в медузах, а Fyfe (1819) и Stratingh (1823) – в мадрепоровых кораллах. Для Hexacorallia количественных определений почти неизвестно, но содержание иода (и брома) в них несравнимо меньше, чем в Alcyonaria. В медузах и Actinia в общем около 10^{-40} % иода в сухом веществе, а содержание Вг иногда выше, на что обратил внимание еще Sarphati (1837) в *Rhizostoma* и *Cyanea*.

Таблица 126
Содержание иода в Alcyonaria и других Octocorallia (в % сухого вещества)

Вид	Иод	Место сбора	Автор
<i>Corallium rubrum</i>	0.00044	Средиземное море	Fellenberg, 1924
<i>Paramuricea placomus</i>	0.0398	Берген, Норвегия	Closs, 1931
<i>Alcyonium digitatum</i>	0.0022	—	Тот же
<i>Caligorgia</i> (?) sp. (скелетное вещество)	0.099	Тихоокеанское побережье, Канада	Cameron, 1915a
<i>Caligorgia</i> (?) sp. (целый коралл)	0.057	То же	Тот же

Adolph и Whang (1932) указали в *Aurellia* 0.00031% иода на сухое вещество. Neufeld (1936) сделал ряд определений брома в различных Coelenterata (в % на сухое вещество):

<i>Aequorea forskalia</i> (Hydrozoa)	0.1135
<i>Aurelia flavidula</i> (Scyphozoa)	0.1925
<i>Metridium marginatum</i> (Actinaria)	0.0355
<i>Pleurobrachia</i> sp. (Ctenophora)	0.189
<i>Caligorgia</i> (?) sp. (целый организм)	0.354
(скелет)	0.876

Расчет на живой вес содержания брома у этих Coelenterata показывает, что у медуз он несколько выше, чем в морской воде, а актинии не концентрируют и содержат столько же брома, сколько его в морской воде:

	Br (% в живом веществе)	H ₂ O, %
<i>Aequorea forskalia</i>	0.0062	94.6
<i>Aurelia flavidula</i>	0.0121	93.7
<i>Metridium marginata</i>	0.0034	90.7

Иодгоргоновая кислота, выделенная Drechsel (1896), при ближайшем исследовании Wheeler, Jamieson (1905), Henze (1907), Sugimoto (1928) действительно оказалась 3,5-диодтирозином. Mörner (1913b) показал, что выделенное им Br-органическое соединение из *Primnoa* является 3,5-дибромтирозином. Возможно существование и других соединений иода, брома и хлора в скелетном веществе²¹.

²¹ Roche, Lafon (1948, см. также Lafon, Mayol, 1948, так же как Fromageot, Jutisz, Lafon, Roche, 1948) приводят ряд новых данных по содержанию иода в Gorgoniae; концентрация иода варьирует в пределах от 0.06% в *Euplexaura purpuroviolacea* до 9.3% в *Eunicella verrucosa* (отнесено к сухому органическому веществу). Они обнаружили как моноидтирозин, так и диодтирозин; в случае *E. verrucosa* найдено 7.3% моноидтирозина и 12.65% диодтирозина, в то время как зафиксировано 5.25% аминокислот, не содержащих галоидов. Интерпретация этих результатов представляется довольно неоднозначной из-за того, что в них нет и намека на присутствие бромсодержащих компонентов. Любопытно, что ни один из исследователей не рассматривает возможность обнаружения бром-иодтирозина в этих формах (см. Low, 1951).

Фтор. Определений F нет. Silliman (1846) в Hexacorallia и др. допускает содержание F из пересчета анализа, а не из непосредственных определений. Качественно указан в скелетах Hexacorallia Sharples (1871), Forchhammer (1851) и др.

Мышьяк. Bertrand (1903) нашел в актинии *Chitonactis richardi* $1.5 \cdot 10^{-6}\%$ As в сухом веществе. Shtenberg (1839) обнаружил 1.67 мг As на 100 г сухого вещества в Coelenterata из Азовского моря.

Радиоактивные элементы. Allen (1930) для *Antipathes abies* отметил чрезвычайно слабую радиоактивность, меньшую, чем давала морская вода.

Таблица 127
Содержание галоидов в органическом комплексе различных Alcyonaria
(в % сухого вещества)

Вид	Число анализов	Иод	Бром	Хлор	Автор
Gorgoniidae					
<i>Gorgonia cavolini</i>		5.49–7.79	1.98	0.16	Drechsel, 1896; Mörner, 1907
<i>G. verrucosa</i>		6.92	1.62	0.17	Mörner, 1907
<i>G. graminea</i>		5.58	1.3	0.12	Тот же
<i>G. citrina</i>		1.17	–	–	Sugimoto, 1928
<i>G. acerosa</i>		0.79–1.70	0.61–0.82	0.04	Mörner, 1907; Mendel, 1901; Sugimoto, 1928
<i>G. flabellum</i>		0.80–1.15	–	–	Mendel, 1901; Sugimoto, 1928
<i>G. setosa</i>		0.70–0.77	0.89	0.18	Mörner, 1907
<i>Xiphigorgia anceps</i>		0.96–1.58	0.23	0.17	Mörner, 1907; Sugimoto, 1928
Другие виды Gorgoniidae	12	0.02–0.62	0.37–2.61	0.1	Те же
Antipathidae					
<i>Cirripathes spiralis</i>		5.45	Нет	0.43	Mörner, 1907
<i>Arachnopathes ericoides</i>		6.14	–	0.68	Тот же
Другие виды Antipathidae	6	0.02–2.43	0.38–1.53	0.42–0.73	Mörner, 1907; Allen, 1930
Gorgonellidae	2	0.12–2.21	0.66–1.98	0.04–0.16	Mörner, 1907
Plexauridae	27	0.11–2.63	0.96–4.20	0.09–0.86	Mörner, 1907; Sugimoto, 1928; Cook, 1905; Mendel, 1901
Isididae	2	1.58–2.03	0.74	0.1	Mörner, 1907
Pennatulidae	11	Сле- ды–0.2	0.09–1.89	0.08–0.13	Mendel, 1901; Mörner, 1907; Cook, 1905 и др.
Alcyoniidae	2	0.05–0.15	–	–	Mörner, 1907
Primnoidae	2	0.05–0.12	2.94–3.76	0.07–0.08	Тот же

Таблица 128
Содержание иода в Hydrozoa, Actiniaria и Hexacorallia
(в % сухого вещества)

Вид	Иод	Место сбора	Автор
		Medusae	
<i>Obelia longissima</i>	0.013	Тихоокеанское побережье, Канада	Cameron, 1914
<i>Aequorea aequorea</i>	0.000	То же	Тот же
<i>Aurelia flavidula</i>	0.000	"	"
	$5 \cdot 10^{-5}$ *	–	Macallum, 1903
		Actiniaria	
<i>Metridium marginatum</i>	0.000	Тихоокеанское побережье, Канада	Cameron, 1914
<i>Bolocera (?)</i> sp.	0.000114*	–	Lunde, Madsen
	0.000261*	Вблизи Бергена, Норвегия	Closs, 1931
		Hexacorallia	
<i>Acropora varia</i> **	0.00025	Средиземное море	Fellenberg, 1924

* На живое вещество.
** Wilke-Dörfurt (1928) указывает на отсутствие этого вида в Средиземном море.

8. Stenophora

Stenophora – планктонные бесскелетные организмы, относимые к Coelenterata. Опорное вещество (скелет) органического характера. По Vernon (1895), в Stenophora содержится огромное количество воды, сухой остаток их составляет 0.60% у *Beroe ovata* и даже 0.24% у *Cestus veneris*, что, однако, сомнительно. Анализ тканей тела Stenophora нам неизвестно.

Cameron (1914) пытался определить иод в *Pleurobrachia*, которого оказалось меньше 0.000n% на сухое вещество. В работах Needham (1932) с сотрудниками имеются данные о содержании в том же организме (*Pleurobrachia pileus*) фосфатов 1.1% в живом веществе. Cooper (1939) обнаружил 1.34% N, 0.23% P и 0.0050% Fe в сухом веществе *Pleurobrachia pileus*. Отношение Fe/P равно 0.02 в *P. pileus*; в других Stenophora отношение следующее: *Bolina infundibilum* – 0.038; в *Beroe cucumis* – 0.013–0.017.

Глава IX ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ BRYOZOA

Мшанки широко распространены в морях. Некоторые Bryozoa, имеющие известковый скелет, принимают участие в образовании так называемых мшанковых рифов. По морфологическим признакам среди Bryozoa различают два подкласса: Ectoprocta и Entoprocta. Интересующие нас данные известны главным образом для видов Ectoprocta. Эти Bryozoa имеют органический (хитиновый?) скелет, у разных видов содержащий, в свою очередь, различные количества карбонатов Ca и Mg. Присутствие карбонатов Ca было обнаружено у многих видов мшанок еще в начале прошлого

(XIX. – Прим. ред.) века и описано рядом авторов – Nitsche (1871), Sorby (1879) и др. Многие Bryozoa живут не только в соленой, но и в пресной воде. В связи с этим у них наблюдаются морфологические изменения, сопутствующие, как мы сейчас увидим, изменениям химического состава.

Содержание H_2O в Bryozoa находится в зависимости от степени развития минерального скелета. Вместе с тем в связи с содержанием хитина находится и содержание общего азота в Bryozoa (табл. 129).

Сухой остаток Bryozoa состоит главным образом из хитина и карбонатов. Карбонаты Ca (и Mg) импрегнируют средний слой из хитинового скелета (эктоциста). Отношение хитина к зольному остатку, как отметил Loppens (1920b), меняется у разных видов в зависимости от условий их обитания. Один и тот же вид¹, обитая в прибрежной зоне моря, содержит больше $CaCO_3$ (и, следовательно, меньше хитина), обитая же в открытом море – больше хитина и меньше $CaCO_3$.

Формы прибрежные, более плотные, имеют вид кустов, а формы из открытого моря имеют вид пленочек. Loppens (1920b) описывает, например, *Membranipora membranipora* морскую с 44% $CaCO_3$ и *Membranipora membranipora* f. *erecta* прибрежную форму (опресненные воды!), содержащую до 88.9% $CaCO_3$. То же с *Lepralia foliacea*: из открытого моря она содержит 64.5% $CaCO_3$, а форма стоящая (dressée) – 98.8% $CaCO_3$. Глубоководные виды Bryozoa (например, *Mucronella variolosa* и др.) богаче Ca (табл. 130).

Loppens (1920b) считает, что выделение $CaCO_3$ у Bryozoa в спокойных и глубоких местах моря идет быстрее. В скелетах Bryozoa находится не только $CaCO_3$, как предполагают большинство исследователей, но еще и $MgCO_3$, иногда до 11.08%. Поэтому необходимо изучать у различных вариаций и форм изменение содержания не только $CaCO_3$, но и $MgCO_3$. Clarke, Wheeler (1922) наблюдали, например, что с повышением содержания $MgCO_3$ в некоторых видах Bryozoa они одновременно изменялись и по внешним признакам. Виды, имевшие сходство с массивными кораллами, содержали до 6% $MgCO_3$, а менее компактные, с тонкой папоротникообразной структурой имели $MgCO_3$ до 11% и даже больше, если исключить, очевидно, случайное загрязнение диатомовыми и песком (нахождение SiO_2 в их золе).

¹ *Plumatella repens* не содержит $CaCO_3$, хотя и живет в пресных водах. Для определенных видов, их форм содержание $CaCO_3$ довольно постоянно. Несомненно, степень инкрустации $CaCO_3$ имеет систематическое значение; напомним, например, что у *Membranipora* ячейки не вполне обызвесткованы, а у *Lepralia* все ячейки обызвесткованы и т. п.

Таблица 129
Содержание, воды, зольного остатка и азота в Bryozoa (в % живого вещества)

Вид	Вода	Зола	N	Автор
<i>Alcyonidium gelatinosum</i>	94.93	0.27	–	Loppens, 1920b
	95.20	–	–	Тот же
	97.63	0.92	0.10	Weigelt, 1920
<i>Flustra foliacea</i>	87.22	1.32	1.12	Тот же
	80.0	–	–	Loppens, 1920b
	84.0	–	–	Тот же
<i>Membranipora membranipora</i>	89.74	–	–	"
<i>Pectinatella</i> sp.	99.58	Присутствует	–	Morse, 1930

Таблица 130
Содержание CaCO₃ в Bryozoa в зависимости от местообитания
(в % сухого вещества)

Вид	CaCO ₃	Хитин
<i>Flustra foliacea</i>	58.07	41.93
	6.12	34.88
	60.00	40.00
<i>Membranipora pilosa</i> (прибрежная)	51.5	48.5
<i>M. pilosa</i> (ползучая)	33.4	66.6
<i>M. membranipora</i> (морская)	51.21	48.75
	68.34	31.66
	44.0	56.0
<i>M. membranipora</i> f. <i>erecta</i> (прибрежная)	86.45	13.55
<i>Lepralia foliacea</i> (морская)	64.5	35.5
<i>L. foliacea</i> (речная)	62.6	37.4
<i>L. foliacea</i> (прибрежная)	97.4	2.9
<i>Cellaria fistulosa</i>	98.0	2.0
<i>C. pumilosa</i>	97.0	3.0
<i>Mucronella variolosa</i> (морская, глубоководная)	98.55	147

Но в общем, как видно из таблицы 131, содержание MgCO₃ в скелетах у Bryozoa имеет довольно большой размах, начиная от следов и до 11%.

В скелетах других Invertebrata не так часто встречается подобный диапазон содержания MgCO₃. Параллельно, как мы видели у Bryozoa, наблюдается и широкая морфологическая изменчивость.

Может быть, здесь будет найдена зависимость между содержанием MgCO₃ в скелете и формой Bryozoa. Интересно, что у видов с повышенным содержанием MgCO₃ (например, *Bugula turita* и *Bugula neritina*) увеличено количество фосфора до 2.68% Ca₃P₂O₈ в золе, тогда как обычно в золе Bryozoa – его следы, на что указал еще Hatchett (1799).

Weigelt имел *Alcyonidium gelatinosum*, содержащую в сухом веществе 1.69% P₂O₅ (и 1.48% CaO), и *Flustra foliacea* с 0.89% P₂O₅ (и 21.08% CaO).

Lewis (1926) описал ископаемую форму из Северного Уэльса (вблизи Кардиффа) *Bolopora undosa*, трубки которой содержали фосфаты. Oakley (1934) описал

другой случай содержания фосфатов (в виде даллита) в остатках силурийской Bryozoa *Favositella interpuncta* и в других из сем. Ceramoporidae (*Ceramoporella*, *Favositella squamata* и др.).

Возможно, здесь имеется процесс инфильтрации фосфатами в процессе метаморфизации, но авторы не исключают возможности и прижизненной концентрации фосфатов этими организмами.

Невольно приходишь к мысли о возможности существования (может быть, только в прошлом) фосфатных скелетов Bryozoa. Не содержит ли весь род *Bugula* повышенное количество фосфатов?

Таблица 131
Химический элементарный состав Bryozoa (в % зольного остатка)

Вид	CaCO ₃	MgCO ₃	Ca ₃ P ₂ O ₈	CaSO ₄	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	SiO ₂	Место сбора	Авторы
<i>Schizoporella unicornis</i>	95.97	0.63	Следы	1.32	1.31	1.77	Виньярд Саунд, Масс., США	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Microporella grisea</i>	90.90	4.58	"	1.40	0.39	2.66	Флорида, США	Те же
	96.90	1.11	0.24	1.45	0.12	0.18	Австралия	"
<i>Cellepora incrassata</i>	91.77	6.07	Следы	1.76	0.20	0.20	Гранд-Банк, Атлант. океан	"
<i>Flustra membranacea truncata</i>	87.92	6.94	0.32	–	4.82	4.82	Аляска	"
<i>Flustra foliacea</i>	–	1.23	–	–	–	–	Калифорния, США	Nichols, 1906
<i>Lepralia pallasiana</i>	88.44	5.62	0.27	–	0.15	5.52	Глостер, Масс., США	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Lepralia rostrigera</i>	94.96	2.80	Следы	1.45	0.41	0.38	Флорида, США	Kamm (см. Clarke, Wheeler, 1922)
<i>Lepralia</i> sp.	90.82	5.02	–	–	1.58	2.58	Неаполь	Schwager (см. Walther, 1885)
<i>Holoporella albirostris</i>	95.28	2.59	Следы	1.54	0.59	0.59	Флорида, США	Kamm (см. Clarke, Wheeler, 1922)
<i>Fron dipora verrucosa</i>	94.86	0.17	"	2.83	0.72	1.42	Неаполь	Те же
<i>Fron dipora reticulata</i>	–	0.596	–	–	–	–	–	Forchhammer, 1852
<i>Amathia spiralis</i>	90.43	9.57	–	–	–	–	Вблизи мыса Хаттерас, США	Kamm (см. Clarke, Wheeler, 1922)
<i>Catenicella margaritacea</i>	86.89	8.96	0.43	2.07	0.50	1.15	Австралия	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Bugula turrita</i>	64.51	10.19	1.58	4.76	2.25	16.71*	Джорджес-Банк, Атлант. океан	Те же

Таблица 131 (окончание)

Вид	CaCO ₃	MgCO ₃	Ca ₃ P ₂ O ₈	CaSO ₄	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	SiO ₂	Место сбора	Авторы
<i>Bugula neritina</i>	63.29	11.08	2.68	8.47	1.54	12.94*	Флорида, США	"
<i>Eschara foliacea</i>	96.64	2.71	–	–	0.34	0.31	Неаполь	Schwager (см. Walther, 1885)
	–	0.146	–	–	–	–		Forchhammer, 1852
<i>Myriozoum truncatum</i>	–	0.445	–	–	–	–	Бермудские о-ва	Тот же
<i>Helenopora abrotanoides</i>	–	0.352	–	–	–	–		
<i>Garapholas</i> sp. (Bryozoa?)	–	3.99	–	–	–	–		Nichols, 1906
Bryozoa indet.	–	0.0	–	–	–	–	Кольский залив	Виноградов, Боровик-Ро- манова, 1935
	–	5.35	–	–	–	–		Nichols, 1906

* SiO₂ вместе с включением песка.

CaCO₃ в Bryozoa, по определению Sorby (1879), находится в виде неразделимой смеси арагонита и кальцита (см. Cornish, Kendall, 1888; и др.). Более современные определения Kelly (1900), Meigen (1901), W. Schmidt (1924) и др. (для *Crisia eburnea*, *Bugula neritina*, *Flustra foliacea*) указывают лишь на присутствие в скелетах Bryozoa кальцита (табл. 131).

Содержание Fe и других химических элементов в Bryozoa

Сведения о содержании других химических элементов совершенно ничтожны. Неизвестно, играет ли какую-либо роль в их физиологии Fe и Cu. Fe качественно в мшанках отмечалось не раз. О нахождении меди можно судить лишь по краткому замечанию Elmhirst, Paul (1921), которые нашли Cu в золе *Membranipora membranacea*, и указанию Phillips (1922) о нахождении 0.0007% Cu в неопределенной Bryozoa. Тот же автор в том же образце Bryozoa определил 0.0042% Zn, 0.0098% Fe и 0.00081% Mn в сухом веществе.

Bertrand нашел $3.36 \cdot 10^{-3}\%$ Cu, $1.36 \cdot 10^{-2}\%$ Mo (1943с) и $1.68 \cdot 10^{-3}\%$ V (1943а) в сухом веществе *Plumatella fungosa*. Это пока единственные анализы. Forchhammer (1852) в *Heteropora abrotanoides* открыл Pb в количестве 0.002% сухого вещества! Из металлоидов, естественно, отмечался хлор, затем еще Sarphati (1837) обнаружил иод в *Flustra foliacea*. Cameron (1914) в другой Bryozoa – *Bugula flabellata* – нашел 0.016% I в сухом веществе. Из щелочных элементов K находился в следах. По нашим определениям, в золе мшанки Bryozoa sp. содержалось 0.2% Sr. Боровик-Романова (1939) нашла в золе *Retepora cellulosa* 0.2% Ba.

Глава X ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ BRACHIOPODA

1. Inarticulata (фосфатно-известковые Brachiopoda)

Первые находки ископаемых Brachiopoda относятся к кембрию. Но начало появления этих удивительных животных, немногие из которых сохранились до наших дней почти без изменения (например, *Lingula*), будет отнесено, вероятно, к более раннему периоду¹. Многие виды, принадлежащие к Inarticulata и Articulata, в прошлом пережили время расцвета. Нам важно для последующего изложения вспомнить, что Inarticulata достигают расцвета в кембрии и силуре, затем их количество резко уменьшается в мезозое. До нас сохранились представители Lingulidae и Craniidae (например, *Lingula anatina* и др.). *Lingula*, *Obolella*, *Obolus* и др. Inarticulata имели раковины из органического вещества (хитин, кератин?), пропитанного фосфатами². Створки этих Brachiopoda часто встречаются массами в отложениях особенно кембро-силура, например, *Lingula*, *Obolella*, *Obolus* и другие часто в хорошем состоянии, без больших изменений. Породы, сложенные ими, обогащены фосфором. Некоторые фосфориты обязаны частично своим происхождением этим Brachiopoda, встречаются по всему земному шару и главным образом приурочены к кембро-силурийским пластам, хотя находились и среди других отложений, например, во многих местах Швеции, США и др. Непосредственный анализ ископаемых Brachiopoda, их створок показал высокое содержание в них фосфора. Еще Hunt, Logan в 1854 г. нашли в ископаемой *Lingula* до 50% $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. С тех пор была проделана основательная работа. Связь между нахождением этих Brachiopoda в породах с высоким содержанием фосфора была подтверждена вскоре в работах Post (1870), Pandes (*Obolus*), Törnquist (1874) и особенно Andersson (1894–1895), у которого собрана литература того времени по этому вопросу. В течение последних лет появился целый ряд новых анализов ископаемых фосфатных Brachiopoda.

Многие современные Inarticulata имеют либо совершенно такой же органический роговой скелет, либо более сложный, состоящий из чередующихся слоев органического и неорганического вещества – фосфатов. Нахождение фосфатов в створках этих Brachiopoda было указано многими исследователями после того, как появились работы Hunt, Logan (1854). Оставляя в стороне качественные пробы³, приводим ниже количественные определения состава створок современных фосфатных Brachiopoda (табл. 133).

Все виды семейства Lingulidae и, вероятно, все Discinidae и другие сейчас ископаемые формы из Obolidae, Obollelidae и др. имеют в скелете Ca-Mg-фосфаты. В настоящее время мы находим еще организмы, имеющие в скелете ту же комбинацию солей, но в несколько иных отношениях (трубки червей, трилобиты – отчасти) и, кстати сказать, с таким же большим, сравнительно, содержанием сульфатов. Среди Mg-Ca-фосфатных Brachiopoda – именно Inarticulata – выделяется семейство Craniidae, отличающееся совершенно иным составом раковинки. Раковина их как

¹ Постоянно находят в докембрийских пластах.

² Существовали Brachiopoda роговые, без минеральных включений.

³ О фосфоре у *Discinia* см. Blochmann (1892), Hunt, Logan и др.

бы лишена части фосфатов и восполняется этот недостаток CaCO_3 , который по своим минералогическим свойствам является кальцитом (Sorby, 1879; Meigen, 1901), но все же она содержит еще около 0.5% фосфатов кальция, т. е. примерно столько же, сколько известковые *Brachiopoda* (*Articulata*) (табл. 132, 133).

Таблица 132
Химический состав ископаемых форм *Brachiopoda* (раковин) (в % золы)

Вид	$\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$	CaCO_3	CaF_2	CaSO_4	Место сбора	Авторы
<i>Lingula</i> sp.	Присутствует	–	–	–	–	Hunt, Logan, 1854
<i>L. lamellose</i>	"	Присутствует	–	–	Krusnáhom	Vála, Helmhacker, 1875
<i>Obolus</i> sp.	36.54*	–	2.78*	–	Викарбюн на Далекарлии	Andersson, Sahlbom**, 1899
<i>O. appolinis</i>	36.57*	–	3.31*	–	Гамбург	Kupffer, 1870
<i>O. appolinis</i> средняя часть	85.83	5.59	6.30	2.28	Таллин	Opik, 1929
<i>O. appolinis</i> боковые части	85.89	5.30	6.28	2.53	"	Тот же
<i>O. celatus</i> боковые части	85.28	5.14	6.19	3.39	"	"
<i>Obolella complexa</i>	Присутствует	Присутствует	–	–	Брезина	Slavíková, Slávik, 1917
<i>Spirifera vemenil</i>	45.80	–	–	–	–	Levat, 1899

* Фосфаты даны в виде P_2O_5 ; фториды – в виде F.

** Anderson, Sahlbom дают еще 50.45% CaO; $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ – 1.80 и нерастворимый остаток в HCl – 1.72%.

Предполагается, что *Craniidae* происходят отдаленно от *Discinidae*, при этом наблюдается резкое изменение морфолого-анатомических признаков (например, редукция стебелька и т. д.). Последние по составу раковин ближе к *Lingulidae*, с некоторым лишь понижением содержания фосфатов. Поэтому в ряду скелетов *Lingula* – *Discina* – *Crania* идет как бы замещение фосфатов карбонатами. Высокое же содержание MgCO_3 сохраняется у всех в равной мере. Нахождение фосфатов в скелетах древней группы организмов, какими являются *Brachiopoda*, и в некоторых других *Invertebrata* заставляет считать, что фосфатная функция – использование фосфатов на построение скелетов и других тканей, ведущая к концентрации фосфора в органических отложениях – очень раннего времени и существовала одновременно с Ca, Si и другими геохимическими функциями организмов, вероятно, задолго до кембрия. Заглянув несколько вперед, мы увидим, что одновременно (в геологическом смысле этого слова) с *Brachiopoda* в палеозое существовали и другие фосфатные организмы, потреблявшие фосфор (прежде всего на скелеты) в количествах, вероятно, сравнимых с теми, которые потребляются в наше время современными организмами (прежде всего *Vertebrata*, концентрирующими фосфор в костях). Достаточно вспомнить палеозойский мир трилобитов, гигантских раков, возможно содержавших в своих панцирях фосфаты (?), панцирных рыб, панцири которых по составу были настоящей костью, – и многих других активных потребителей фосфора, употреблявших его для постройки своих скелетов⁴. Но к этому мы еще вернемся позже.

⁴ См. *Pteropoda*, *Vermes*, *Crustacea*.

Как видно из анализа Andersson и Sahlbom (1899), створки современных (ископаемых, см. табл. 132) фосфатных Brachiopoda содержат до 1.52% F. Sharpies (1871) и другие качественно указывали на присутствие F в створках современных *Lingula* и др. В ископаемых, очевидно, вследствие метаморфизации происходит увеличение F и, вероятно, образование фторапатита⁵. F находится во многих природных фосфоритах-апатитах. Также и в костях Vertebrata (эмали зубов – до 0.30 и т. п.) F находится в апатите во внешнем поле молекулы – $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$. Присутствие его в скелете Brachiopoda в довольно больших количествах заставляет нас предположить, что фосфат в створках и современных Brachiopoda находятся в виде апатита⁶.

Мы провели анализы современной *Lingula anatina* с Цейлона, раковины которых содержали 52.1% органического вещества и 47.9% золы следующего состава (в %):

P ₂ O ₅	42.99
CaO	50.66
CaF ₂	3.93
MgO	0.30
Mn ₃ O ₄	0.46
Fe ₂ O ₃	0.22
Неопр.	1.44
	<hr/>
	100.00

Рентгенометрические анализы *Lingula* показали присутствие апатита в минеральной части раковины, что является первым случаем их обнаружения в скелете беспозвоночных. Таким образом, из результатов химических анализов можно заключить, что присутствует некоторое количество фторапатита. Это относительно высокое содержание Mg в раковинах.

2. Articulata (известковые Brachiopoda)

Створки Articulata содержат CaCO₃. Расположение содержащих карбонат кальция спикул в створках этих Brachiopoda не ориентированное, что создает характерную мозаику. По Blochmann (1908), рисунок, образуемый ими, имеет систематическое значение. Он отмечает, между прочим, что наибольшие различия этой мозаики наблюдаются в видах одного рода, но из разных морей. Blochmann (1908) дает большой список Brachiopoda, в которых им было констатировано нахождение извести – кальцита. Тот же автор обращает внимание на содержание извести в видах *Thecidium*, имеющих маленькие толстые створки.

Все Articulata содержат в раковинках небольшое количество MgCO₃. Forchhammer (1852) нашел в золе раковин *Rhynchonella* 0.45% MgCO₃ и т. д. В других раковинках этих Brachiopoda количество MgCO₃ колеблется от следов до 1.5% (ср. с Craniidae).

Все они состоят из кальцитовой модификации CaCO₃, как показали Kelly (1900), Meigen (1901), Prenant (1928b), Schmidt (1924)⁷ для целого ряда видов. Это интересно сопоставить с видами Craniidae, богатыми MgCO₃ и др., также кальцитовыми.

⁵ Slavíková и Slávik в одном случае в фосфатных конкрециях ископаемых *Lingula lamellosa* и *Oholella* нашли фосфат в виде аморфного коллофанита $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{H}_2\text{O}$.

⁶ Фоссилизация протекает в определенном направлении: накопление F в фосфоритах аналогично тому, как в ископаемых углях постепенно увеличивается содержание углерода; арагонит в скелетных остатках морских организмов превращается в кальцит и т. д. Все эти химические процессы могут, очевидно, служить мерой времени геологических процессов.

⁷ Виды Terebratulae, Rhynchonellae и др.

Таблица 133
Химический состав раковин *Brachiopoda* (в % зольного остатка)

Вид	Зола (в % сухого вещества) ¹	CaCO ₃	MgCO ₃	Ca ₃ P ₂ O ₈	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaSO ₄	Место сбора	Автор
<i>Lingula anatina</i>	57.4	12.19	7.03 ²	77.17	3.6 ³	Следы	–	?	Clöez, 1859
	60.9	1.18	2.70	91.74	0.54	0.91	2.93	Ниго, Япония	Clarke, Wheeler, 1922
	60.5	4.25	0.79	89.99	0.29	0.50	4.18	Илоило, Филиппи- ны	Тот же
<i>L. anatina</i> ⁶	–	0.74	?	93.7	–	–	–	Цейлон	Andersson, Sahlbom, 1899
<i>L. ovalis</i>	62.1	11.12	3.03	85.32 ⁴	–	0.17	–	–	Hilger, 1867
	61.3	11.75	6.16 ⁵	85.79	–	–	–	–	Hunt, Logan, 1854
<i>Discinisca lamellosa</i>	75.0	8.35	6.68	75.17	0.58	0.85	8.37	Перу	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Glottidia pyramidata</i>	63.0	?	1.71	74.73	1.16	0.49	?	Сев. Каролина, США	Тот же

¹ Данные приблизительны.

² В виде Mg₃P₂O₈.

³ В виде FePO₄.

⁴ Фосфатов железа – 0.76%.

⁵ В виде MgO – 2.80%.

⁶ Оригинальные данные: CaO – 30.19%; P₂O₅ – 23.2%; F – 1.52% в створках.

Одни известковые *Brachiopoda* отличаются высоким содержанием Mg в скелете, другие бедны Mg (ср. с различными скелетными частями Foraminifera, Bryozoa, Mollusca и т. п.).

Имеющиеся анализы дают все основания думать, что дифференциация в химическом составе раковин *Brachiopoda* не ограничивается существованием роговых, хитиновых, фосфатных, кальцитовых форм. Внутри каждого подкласса *Inarticulata* и *Articulata* намечаются еще более тонкие различия в составе раковин: например, скелет *Crania anomala* и, следовательно, других *Craniidae* отличен и от фосфатных и от состава скелета *Articulata*, скелет *Discinisca* отличен от *Lingula* и т. п.

Вероятно, у разных фосфатных *Brachiopoda* различно отношение между органической и минеральной частями раковин. Оно колеблется. В различных раковинах *Inarticulata* содержится от 25 до 45% органического вещества, в раковинах *Articulata* (известковых) – около 2%.

Таблица 134
Химический состав раковин Brachiopoda: Articulata и Craniidae
(в % зольного остатка)

Вид	Зола (в % сухого вещества) ¹	CaCO ₃	MgCO ₃	Ca ₃ P ₂ O ₈	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaSO ₄	Место сбора	Автор
Articulata									
<i>Terebratula</i> sp. ¹	–	98.39	Следы	0.61	Следы	–	–	Флорида, США, Куба	Sharpies, 1871
<i>T. cubensis</i>	99.07	98.61	0.93	Следы	0.04	0.06	0.36	Флорида, США	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Terebratulina caputserpentis</i> ²	–	94.6	1.05	–	–	–	2.4	?	Kunckell, 1899
<i>T. septentrionalis</i>	95.27	96.78	1.37	Следы	0.15	0.52	1.18	Истпорт, Мэн, США	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Waldheimia cranium</i> ³	–	96.2	–	0.18	–	–	0.9	?	Kunckell, 1899
" ⁴	–	96.2	1.20	Следы	0.40	0.60	0.85	68°12'N, 15°40'E	Schmelck, 1901
" ⁵	–	95.98	1.40	0.12	0.15	–	–	Лофотенские острова	Тот же
<i>Rhynchonella psittacea</i>	97.35	98.20	0.49	0.38	0.23	0.15	0.55	Шетландские острова	Clarke, Wheeler, 1922
	–	98.06	0.92	0.27	–	–	0.75	Баренцево море, Новая Земля	Самойлов, Терентьева, 1925
	–	–	0.45	–	–	–	–	–	Forchhammer, 1852
<i>Laqueus californicus</i>	98.45	98.30	0.68	Следы	0.48	0.18	0.36	Калифорния, США	Clarke, Wheeler, 1922
Craniidae									
<i>Crania anomala</i> ⁶	–	87.8	3.4	0.28	–	–	2.15	Лофотенские острова	Kunckell, 1899
	96.48	88.59	8.63	0.57	0.27	0.22	1.72	Норвегия	Clarke, Wheeler, 1922

¹ Органическое вещество – 1.0%.

² Органическое вещество – 2.55%.

³ Органическое вещество – 2.0%; CaO – 0.3%; MgO – 0.6%.

⁴ Органическое вещество – 1.24%.

⁵ Органическое вещество – 1.99%.

⁶ Органическое вещество – 4.3%; MgO – 1,8%.

3. Содержание других химических элементов в Brachiopoda

Schmelck (1901) указывал на нахождение в *Waldheimia* Sr. Потапенко нашел в золе *Rhynchonella psittacea* около 0.05% Sr. Выше мы указывали на нахождение F в раковинках Inarticulata.

Goldschmidt, Peters (1932) в золе раковин *Lingula anatina* и *Terebratula vitrea* определили по 0.01% B₂O₃.

О содержании Fe в раковинах Brachiopoda дает представление таблица 134. Дыхательным пигментом крови Brachiopoda является эритрохроурин. Кроме того, мы можем ожидать концентрирование тяжелых металлов в печени этих организмов⁸.

⁸ Kawaguti (1941) обнаружил присутствие гемэритрина в *Lingula unguis*. Среди зоологов, изучающих беспозвоночные, существует возрастающая тенденция относить Inarticulata как не имеющих или мало имеющих отношение к другим Brachiopoda.

Глава XI ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ VERMES

Обширный тип организмов с большим числом видов, многие из которых обитают в море. Химический состав низших червей (Platyhelminthes, Aschelminthes и Nemertini) известен только в общих чертах. Паразитический образ жизни большинства из них накладывает особый характер на их состав. Скелета они не имеют, а наружные покровные ткани, состоящие из различных белков, ближе не изучены. Annelida имеет кутикулу, под которой располагается мышечный слой.

Палеонтологам наиболее знакомы виды Vermes, имеющие известковые трубки, например Serpulidae (из Polychaeta). Трубки Serpulidae принимают участие в образовании известняков, иногда сплошь состоящих из них (серпулидовые известняки). Несмотря на многочисленность Vermes и их доступность, химические данные незначительны. В лучших случаях они касаются содержания 5–7 химических элементов. Да и таких анализов мало. Большинство анализов относится к видам Polychaeta.

Дать какое-либо более или менее верное представление о полном химическом составе червей эти анализы не могут. Каждый в отдельности из этих анализов не показывает каких-либо резких своеобразных признаков в составе, которые могли бы обратить наше особое внимание. Анализы указывают на относительно высокое содержание в Vermes азота, фосфора и железа, бедность кальцием и другими металлами, как например: Mn, Cu, Zn и т. п.

Широкие колебания, наблюдающиеся в содержании, например, золы, почти всецело зависят от наполненности кишечника Vermes. Это здесь надо иметь в виду. Изменения в химическом составе, обусловленные возрастом и полом, отчетливо выражены у этих организмов.

Помимо анализов Vermes как целых организмов известны анализы трубок червей, служащих им убежищем (например, у Polychaeta). Число этих анализов также невелико, но данные химического состава их более примечательны. Например, у *Onuphis*, *Leodice* и *Hyalinacea* трубка состоит из органического вещества; в других Polychaeta органическое вещество трубок инкрустировано чужеродным материалом, как, например, у *Onuphis conchylega*, состав которого неизвестен. Возможно, это протеин; он содержит до 8% азота.

Если еще назвать несколько определений отдельных химических элементов, например, I в Vermes, несколько анализов их крови и других жидкостей и яиц, то этими сведениями в основном исчерпываются пока все наши знания о химическом составе Vermes.

1. Содержание воды, золы, N, C, Ca, P, S, K и Na в Vermes

Из многочисленных данных, полученных главным образом Т. Brand (1927, 1928, 1929) для морских Vermes из Polychaeta, Turbellaria, Nemertini, Gephyrea, Chaetognatha и т. д., можно видеть, что количество H_2O в Vermes содержится в среднем около 80%. Hall нашел 76.4% воды в *Placobdella parasitica* и 84.3% – в *Allolobophora foetida*.

Таблица 135
Содержание воды, золы и азота в *Vermes* (в %)

Вид	H ₂ O	Зола живого вещества	N		Автор
			живое вещество	сухое вещество	
Turbellaria					
<i>Stylochus neapolitanus</i>	72.18	2.6	1.710	—	Brand, 1927
<i>Thysanozoon brocchii</i>	83.92	—	—	—	Тот же
Nemertini					
<i>Cerebratulus marginatus</i>	79.30	2.61	2.283	—	"
Annelida-Polychaeta					
<i>Aphrodite aculeata</i>	86.87	—	—	—	"
	86.60	5.13	—	—	"
	83.90	—	—	—	Petersen, Boysen-Jensen, 1911
<i>Hermione hystrix</i>	80.94	5.73	1.944	14.59	Brand, 1927
<i>Pontogenia chrysocoma</i>	80.89	5.9	—	—	Тот же
<i>Psammolyce arenosa</i>	79.54	9.05	—	—	"
<i>Sigalion squamatum</i>	81.04	2.56	—	—	"
<i>Nereis virens</i>	92.66	1.91	—	—	"
<i>N. pelagica</i>	75.35	4.35	—	—	"
	83.50	—	2.13	11.29	"
<i>N. diversicolor</i>	72.37	—	—	10.12	Delff, 1912
<i>Perinereis cultrifera</i>	75.35	3.19	2.695	12.57	Brand, 1927
<i>Nephtys hombergii</i> (= <i>scolopendroides</i>)	78.16	3.61	2.64	14.53	Brand, 1927*
	78.84	3.89	2.028	13.31	Тот же
	77.32	3.69	—	—	"
<i>Eunice rousseaui</i> (= <i>gigantea</i>)	69.62	6.7	—	—	"
	68.81	2.94	—	—	"
<i>E. siciliensis</i>	71.25	2.63	2.427	9.44	"
	73.08	2.65	—	—	"
	73.08	2.65	—	—	"
<i>Diopatra neapolitana</i>	78.17	3.57	2.568	14.57	"
	79.63	3.40	—	—	"
<i>Marphysa sanguinea</i>	73.46	3.01	—	—	"
<i>Staurocephalus rudolphii</i>	77.70	3.22	1.102	11.02	"
<i>Lumbriconereis impatiens</i>	73.06	2.66	2.537	10.28	"
	72.70	2.97	3.046	12.46	"
<i>Glycera siphonostoma</i>	78.50	3.02	2.123	11.49	"
<i>Aricia foetida</i>	78.02	8.13	—	—	"
<i>Scololepis</i> (= <i>Nerine</i>) <i>fuliginosa</i>	83.64	2.56	—	—	"
<i>S.</i> (= <i>Nerine</i>) <i>cirratulus</i>	70.20	5.95	2.49	10.46	"
<i>Chaetopterus variopedatus</i>	85.61	3.73	1.337	12.54	"
<i>Owenia fusiformis</i>	75.40	4.07	2.137	10.400	"
	75.00	2.86	—	—	"

Таблица 135 (окончание)

Вид	H ₂ O	Зола живого вещества	N		Автор
			живое вещество	сухое вещество	
<i>Audouinia tentaculata</i>	78.73	8.78	1.395	11.18	"
<i>Amphitrite rubra</i>	77.48	5.55	–	–	"
<i>Lanice conchilega</i>	68.22	2.74	–	–	"
<i>Polymnia (= Terebella) nebulosa</i>	81.50	3.77	–	–	"
<i>Dasybranchus caducus</i>	75.99	13.0	1.699	15.44	"
<i>Arenicola marina</i>	78.60	13.49	–	–	"
	85.60	–	1.00	8.32	"
	79.56	–	–	9.67	Delft, 1912
Annelida-Polychaeta					
<i>Arenicola marina</i> (= <i>piscatorum</i>)	97.02	1.50	0.15	5.18	Weigelt, 1891
<i>Branchiomma vesiculosum</i>	76.01	3.4	–	–	Brand, 1927
<i>Spirographis spallanzanii</i>	64.27	2.78	2.624	9.10	Тот же
	71.51	2.77	–	–	"
<i>Myxicola infundibulum</i>	74.03	2.54	–	–	"
<i>Protula intestinum</i> (= <i>protula</i>)	79.66	4.72	–	–	"
Echiuroidea					
<i>Echiurus pallasii</i>	76.41	13.64	1.06	4.51	Weigelt, 1891
Sipunculoida					
<i>Sipunculus nudus</i>	76.94	12.54	1.520	–	Brand, 1927
	87.60	3.14	–	–	Pütter, 1908
Chaetognatha					
<i>Sagitta</i> sp.	–	–	–	4.97	Brandt, Raben, 1919–1922

* См. N на беззольное вещество у T.F. Brand.

Kawagati указал для planaria *Bipalium* 82.0% H₂O. Озеров (1924) определил 83.1% H₂O и 0.62% золы в пресноводной *Oligochaeta* из Бисерова озера. Количество золы (зависящее в значительной мере от состояния их кишечника, который лишь некоторыми авторами опоражнивался или удалялся) колеблется в широких пределах от 1 до 12% на живой вес. Но известная правильность в содержании золы все же имеется; например, ее мало у видов семейства Eunicidae, в 2 раза больше у Aphroditidae и т. п.

Для ряда морских Vermes определение золы имеется еще у Cameron (1914, 1915a). Brand (1927) дал анализ паразитической *Macracanthorhynchus hiruclinacea*. Salisbury и Anderson (1939) указывают на высокое содержание золы у другого паразитического червя – *Cysticercus fasciolaris*. См. также анализ *Hirudo officinalis* у Pütter (1908), а для отдельных форм – у Geng (1925) и др.

Углерод составляет почти 50% веса сухого остатка морских Vermes. Его больше в паразитических червях (см. анализы Meyer, 1914)¹.

¹ А также Marcet (1865), Fauré-Fremiet (1913), Russo (1921), Birge и Juday (1922), Козьмина.

Содержание азота в целых *Vermes* сходно с содержанием азота у планктонных Crustaceae и т. п. Азот находится главным образом в виде белковых соединений² и составляет 9% в сухом веществе. Низшие и высшие черви с хорошо развитой мускулатурой стенок тела всегда имеют высокое содержание N и P.

Фосфор составляет около 0.1% на живой вес, или 0.7% в сухом веществе *Vermes*³ без трубок. У видов, имеющих органический фосфатный скелет, общее содержание P резко возрастает (см. далее).

Содержание S в теле *Vermes* довольно высокое. Kutz, Luck (1935) находили очень много таурина в мышечной ткани *Audouinia spirabranchnus*.

В мышцах *Nereis brandti* содержалось 0.0254% S; в *Lumbricus* sp. во всем животном – 0.0215%; в мышцах *Urechis caupo* – 0.0794% и во всем животном *Phoronopsis harmeri* (вместе с трубкой) – 0.00549% S в живом веществе.

Таблица 136
Содержание C, H, N, золы и воды в *Vermes* (в % сухого вещества)

Вид	C	H	N	Зола	H ₂ O (живое вещество)	Автор
<i>Sagitta</i> sp.	20.55	3.59	4.97	56.37	–	Stiehr (см. Brandt, Raben, 1922)
<i>Myxicola sleenstrupi</i>	43.0	6.11	10.12	–	86.72	Гутнер, Щигельская, 1932*
<i>Nereis pelagica</i>	46.93	6.73	11.29	–	83.5	Те же
<i>Arenicola marina</i>	30.57	4.8	8.32	–	86.5	"

* Из неопубликованных данных Биогеохимической лаборатории Академии наук СССР.

Таблица 137
Химический элементарный состав *Vermes* (в % сухого вещества)

Вид	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	Зола	Автор
Polychaeta								
<i>Arenicola piscatorum</i>	2.75	2.22	1.62	–	–	–	50.35	Weigelt, 1891
<i>Arenicola marina</i>	0.96	–	1.70	0.89	–	–	5.11	Delff, 1912
	–	–	1.62	–	–	3.15	–	Тот же
<i>Myxicola steenstrupi</i>	–	–	2.75	–	–	4.82	–	} Stiehr (см. Brandt, Raben, 1919–1922)
<i>Nereis pelagica</i>	–	–	2.80	–	–	2.32	–	
<i>Nereis diversicolor</i>	–	–	1.57	–	–	–	–	Javillier, Crémieu, 1928
Oligochaeta								
<i>Tubifex rivulorum</i> *	–	–	2.14	–	–	–	–	Те же

² N, зола, H₂O в наземных *Vermes* – см. у Gilbert (1814), Krukenberg (1881–1882), Vernon (1895), Meyer (1914), Geng (1925), Lawrence, Millar (1945).

³ См. о P еще у Schütte.

Таблица 137 (окончание)

Вид	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	Зола	Автор
Echiuroidea								
<i>Echiurus pallasii</i>	1.19	1.65	0.86	–	–	–	57.81	Weigelt, 1891
Chaetognatha								
<i>Sagitta</i> sp.	1.36	–	1.64	0.25	0.03	–	56.37	Stiehr (см. Brandt, Raben, 1919–1922)
* Пресноводная.								

О содержании Mg в Vermes ничего точно не известно. По-видимому, в мягких тканях Vermes мало кальция⁴. Robertson (1936), исследуя состав секрета железисто-кальциевых желез червей *Limbricus terrestris*, *Allolobophora caliginosa* и *Eisenia foetida*⁵, нашел CaCO₃ и следы P (см. Perrier, 1874; Darwin, 1882). В яйцах *Sipunculus nudus* и *Arenicola claparedii* (имеющих очень малую зольность – 0.54–0.99% в живом веществе) соотношение Ca/Mg неясно (см. анализы Bialaszewicz, 1926). Из щелочей, как и у других Invertebrata, в теле Vermes резко преобладает K над Na (см. анализ яиц).

2. Химический состав известковых и фосфатных трубок Vermes

Трубки многих червей, например, Serpulidae или Onuphidae и др., в некоторых частях морей (например, у нас в Кольском заливе, в Баренцевом море) встречаются массами на дне. Одни из них – органические (хитиновые), с известным содержанием минеральных включений; другие – главным образом магнезиально-известковые. Часто первые бывают плотно облеплены кусочками битой ракушки и зернами песка. Зольного остатка в них (после очистки от внешних загрязнений) обычно 20–30%. В трубках всецело известковых (например, Serpulidae) органическое вещество составляет очень малую долю (2–5%).

Из таблиц 138 и 139 совершенно очевидно, что семейство Serpulidae имеет магнезиально-кальциевый скелет, а *Onuphis*, *Eunice*, *Leodice*, *Hyalinacea*, близкие между собой виды, содержат фосфаты кальция и магния. Этот пример особенно замечателен тем, что в результате далеко не полного анализа всего 6 видов Vermes, да и то только их скелетов, мы можем различить принадлежность данных видов по их составу к двум различным группам организмов.

Обращает на себя внимание высокое содержание Mg в трубках Eunicidae и др. И чем больше фосфатов, тем больше Mg. Эта тенденция наблюдается и по отношению к фосфатным скелетам и некоторым другим Invertebrata (например, Brachiopoda, Bryozoa, Crustacea). Schmiedeberg (1882) подробно исследовал трубки *Onuphis tubicola*, которые содержали 23.04% H₂O, 34.59% золы и 42.37% органического вещества. Органическое вещество состояло из белка и «онуфина» – C₂₄H₄₂NO₁₈. Последнее вещество растворялось в воде и при прибавлении фосфатов осаждалось вновь. Schmiedeberg (1882) считал поэтому, что трубки *Onuphis* состоят из соединения C₂₄H₄₂NO₁₈ + CaHPO₄ + 4MgHPO₄ + 22H₂O. В трубках *Spirographis spallanzanii* он нашел подобное же органическое вещество.

⁴ Известны указания на скопления Ca в железах кишечного тракта Vermes; см. Dotterweich, Eltzner (1935).

⁵ См. анализы Смородинцева, Бебешина и Павловой (1933) для *Taenia saginata*, известковые тела которых содержат 36.16% CaO, 14.09% P₂O₅ и 17.07% MgO. См. также T. Brand (1927) и др.

Krukenberg (1881–1882) в *Spirographis spallanzanii* же находил белковое вещество с большим содержанием серы⁶. Фурфурол и таурин были выделены из трубок Eunicidae (*Sabella*, *Spirographis* и *Mesochaetopterus*), так же как заметное количество S, что дало новое подтверждение присутствия в некоторых трубках хондроитинсерной кислоты. Berkeley (1922a, b) в трубках *Mesochaetopterus taylori* также нашел значительное содержание серной кислоты. Fränkel, Jellinek (1927a) считают трубки *Spirographis spallanzanii* белковыми, содержащими минеральное вещество. Они находили в них S и P. Schmiedeberg (1882) нашел в *Onuphis* до 2.0% S, но она не входила, по его представлениям, в состав онуфина. Остается еще не вполне ясным вопрос и о строении трубок других *Vermes*, Eunicidae и т. д. Возможно, они различны. В каком соединении присутствует S в трубках (в белке?), не вполне ясно.

Структурный рентгеновский анализ вещества трубок *Onuphis*, произведенный Б. Бруновским в нашей с ним работе, не дал определенных указаний о характере состояния фосфатов в трубках червей.

Магнезиально-известковые трубки разных видов Serpulidae, как это видно из таблицы 138, имеют различное содержание Mg. Объяснить эти различия сейчас нельзя, ибо мы не знаем, насколько то или иное содержание Mg характерно и постоянно у одного и того же вида. С минералогической стороны магнезиально-кальциевые трубки, по мнению Sorby (1879), сложены из кальцита.

Таблица 138
Химический состав известковых трубок Serpulidae
(в % зольного остатка)

Вид	CaCO ₃	MgCO ₃	Ca ₃ P ₂ O ₈	CaSO ₄	Место сбора	Авторы
<i>Filograna implexa</i> (<i>Serpula complexa</i>)	99.01	0.00	0.99	Следы	Скарборо	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Protula tabularia</i> (<i>Serpula tabularia</i>)	99.55	0.32	Следы	0.13	Англия (?)	Те же
<i>Hydroides dianthus</i>	89.66	9.72	0.62	Следы	Виньярд-Саунд, Масс., США	"
<i>Serpula</i> sp.	–	7.644	–	–	Средизем. море	Forchhammer, 1852
<i>Serpula triquetra</i>	–	4.455	–	–	Северное море	Тот же
<i>S. filograna</i>	–	1.349	–	–	?	"
	–	Много	–	–	?	Butschli, 1908

⁶ До 7.85%.

Таблица 139
Химический состав фосфатных трубок *Polychaeta* (в % сухого остатка)

Организм	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	Органическое вещество и вода	Место сбора	Автор
<i>Onuphis tubicola</i>	3.40	9.73	21.58	–	–	–	62.55	Неаполь	Schmeideberg, 1882
<i>Onuphis conchylega</i>	22.7	–	7.5	–	–	–	53.10		
<i>Leodice polybranchia</i>	5.12	4.40	6.43	2.33	28.05	6.06	46.91	О-в Marthas- Виньярд Масс., США,	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Hyalinacia artifax</i>	5.35	8.57	20.72	0.07	0.2	3.47	61.83		
	5.24	8.17	20.32	0.01	0.24	4.33	61.41		

Meigen (1901) для *Serpulidae* и Bütschli (1908) для *Filograna filograna* определили в трубках червей присутствие кальцита. Kelly (1900) указывала в *Serpula* sp. конхит – resp. арагонит.

Повторных указаний о нахождении арагонита в трубках *Vermes*, *Serpulidae* и других *Polychaeta* мы не встретили. Высокое содержание Mg в этих трубках скорее говорит также, по аналогии с другими скелетными образованиями у *Invertebrata*, в пользу нахождения кальцита. Но случаи с малым содержанием Mg в трубках, с одной стороны, и указание на арагонит, с другой стороны, требуют внимания. Замечания о нахождении следов F в трубках *Vermes* обесцениваются тем, что не указывается, к каким именно трубкам – фосфатным, магнезиально-кальциевым или иным – относятся эти наблюдения.

3. Содержание тяжелых металлов в *Vermes*

Железо. Fe легко может быть открыто в золе всех органов и тканей *Vermes*. Открыто оно было Hünefeld (1839) в золе тела, а затем в крови дождевых червей. Качественно железо затем обнаруживалось в червях многократно (см. Schneider, 1888, 1922). Качественные определения Fe и список железосодержащих организмов см. также у Dorff (1934). Некоторые количественные данные о содержании железа⁷ в червях приведены были нами в таблице 137.

Соорег (1939) в планктоне из *Sagitta elegans* нашел 9.24% N, 0.945% P и 0.042% Fe на сухое вещество. Если отношение Fe/P у *Sagitta elegans* было равно 0.045, то у *Sagitta setosa* оно оказалось равным 1.28, что указывает на колебания в содержании Fe у этих организмов. Harrison (1940) повторил эти исследования и нашел у *Sagitta setosa* 9.26% сухого вещества, 0.921% P и 0.091% Fe на сухое вещество (среднее из 10 определений), а для *Sagitta elegans*: сухого вещества – 10.9%, P – 1.20% и Fe – 0.055%, т. е. отношение Fe/P в первом случае около 0.1, а во втором – 0.046.

Fe содержалось до 0.5% в красном пигменте крови некоторых червей, как это нашли Griffiths (1892c), Warburg (1914) и многие другие. Здесь оно связано с органическим комплексом. Кровь многих *Vermes* имеет красный цвет⁸. Rollet в 1862 г.

⁷ Mutscheller (1935) находил в органах *Bonellia viridis* от $2.3 \cdot 10^{-3}$ до $4.5 \cdot 10^{-3}$ % Fe в сухом веществе.

⁸ Первое наблюдение принадлежит еще Swammerdam (1758).

открыл в крови дождевых червей гемоглобин. Эти наблюдения были продолжены Nawrocki (1867), Kobayashi (1927–1928) и др. Нахождение гемоглобина и его производных в крови и других тканях *Vermes* оказалось широко распространенным явлением. Lankester (1871) систематически подверг исследованию кровь различных видов *Vermes* (см. также Krukenberg, 1881–1882; Halliburton, 1891) и во многих *Vermes* нашел гемоглобин. У некоторых видов гемоглобин при этом находился не только в плазме крови, но и в кровяных клетках. Гемоглобин был найден у многочисленных *Chaetopoda*, *Gephyrea*, *Nemertini* и других. Его свойства близки к гемоглобину высших, но не вполне идентичны, поэтому Svedberg (1933) и др. называют гемоглобин *Invertebrata* эритрокруорином. Подробнейшее изучение гемоглобина *Vermes* было проделано в работах Redfield, Florkin (1931) у *Urechis caupo*; Quatrefages (1846); Winterstein (1909); Jordan, Schwarz (1920); Vlès (1923); Barcroft (1928); Fischer, MacGinitie (1928a, b); Lingen, Hogben (1928); Dolk, Paauw (1929); Borden (1930); Baumberger, Michaelis (1931); Fox (1932) и мн. других (см. гл. XIX).

Кроме эритрокруорина, в крови некоторых *Vermes* были найдены другие Fe-содержащие кровяные пигменты. У червей *Sabella* кровь имеет зеленый цвет. Lankester (1868) выделил из их крови пигмент, содержащий Fe, так называемый хлорокруорин. Исследование этого пигмента Warburg (1914) у *Spirographis spallanzanii*, Roche (1936c) и другими, особенно Fox (1932), показали, что он является аналогом гемоглобина.

Затем впервые Krukenberg (1881–1882) из крови *Sipunculus nudus* был выделен еще особый пигмент, так называемый гемэритрин⁹, также содержащий Fe. Наконец, MacMunn (1886) указал на присутствие в тканях *Vermes* производных гемоглобина-гемопорфиринов у *Lumbricus*. Zielińska (1913) аналогичное указывает для *Eisenia*; Saturo Kobayashi считает пигмент *Allolobophora* идентичным с гемоглобином высших животных и т. д.

Как мы видим, у *Vermes* встречается в крови целая серия близких гемоглобину (и его производным) Fe-содержащих пигментов. Различные условия жизни червей создают большое разнообразие состава дыхательных пигментов крови. Ни Cu, ни какой-либо другой металл в дыхательных пигментах *Vermes* не были найдены¹⁰.

Fe-содержащие пигменты имеют значение в качестве переносчиков кислорода¹¹.

Mn, Cu и Zn. Все эти элементы находятся в *Vermes* в значительно меньших количествах, чем, например, в *Mollusca*, *Crustacea* и даже *Coelenterata* и др.

Большинство определений носит качественный характер. Исследователи наряду с определениями того или иного из названных металлов в *Invertebrata*, как правило, ограничиваются по отношению к *Vermes* замечанием «находится в следах». Да и эти указания касаются наземных (неморских) видов *Vermes*. Так, например, постоянным объектом подобного рода наблюдений являлась пиявка *Hirudo officinalis*. В ней известны определения Mn (Bertrand); Cu – в следах, по Dubois (1900); Zn – в следах, по Delezenne (1919). Единственное систематическое определение Mn (правда, качественно для 19 *Polychaeta*) было сделано Fox, Ramage (1931). Но концентрация Mn ими нигде отмечена не была. Однако это не исключено, как показали исследования Berkeley (1922a) о распределении Mn в тканях и органах *Mesochaetopterus taylori* и *Chaetopteras variopedatus*.

⁹ См. Marrian, 1927.

¹⁰ Пигмент *Bonellia viridis* оказался производным хлорофилла (диоксимезопироклорин) и не содержал металла. См. Dhéré и Fontaine (1932), Lederer (1939) и др.

¹¹ Что, однако, не вполне выяснено. Многие из названных пигментов, например, переносят O₂ лишь при известных условиях, например, при пониженном парциальном давлении O₂ и т. п.

	Число анализов	% Mn	% золы
<i>Mesochaetopterus taylori</i>			
Трубки целиком	4	0.029	–
Трубки, передняя часть	2	0.0047	47.8
Трубки, средняя часть	2	0.0102	48.3
Трубки, задняя часть	2	0.0338	0.129
Ткани тела, передняя часть	2	0.0063	–
Ткани тела, средняя часть	1	0.015	–
Ткани тела, задняя часть	2	0.0016	–
<i>Chaetopteras variopedatus</i>			
Трубки, внутренний листок	2	0.0444	26.61
Трубки, наружный листок	1	0.0219	47.48

В трубках *Sabellidas* и *Spiochaetopterus* Mn не удалось обнаружить. Виноградов (1938) нашел 0.090% Mn в трубках *Serpula* sp.

Для Cu известны еще качественные пробы Muttkowski (1921b), Zanda (1924)¹². Mutscheller (1935) в результате исследований органов *Bonellia viridis* приводит следующие данные о содержании в них Cu, Mn (и Fe) в сухом веществе (в %):

	Cu	Mn
В хоботке (rüssel)	$2.65 \cdot 10^{-4}$	$3.1 \cdot 10^{-6}$
Внутренности (кишечник)	$3.81 \cdot 10^{-4}$	$6.2 \cdot 10^{-6}$
Ткань тела без внутренностей	$4.41 \cdot 10^{-4}$	$8.2 \cdot 10^{-6}$

Наши представления о весьма малом содержании Mn, Cu, Zn в Vermes по сравнению с другими Invertebrata, возможно, не вполне верны вследствие отсутствия количественных данных (например, для Zn).

Другие металлы. По Fox, Ramage (1931), Ni был найден в 5 видах Polychaeta из 19 ими исследованных; реже в них обнаруживался Co, причем Ni преобладал над Co. Так, *Muxicola infundibulum* содержал, по ряду определений, 0.002% Co и от 0.08 до 0.01% Ni в сухом веществе, а *Aphrodite aculiata* – 0.0025% Co и 0.003% Ni в сухом веществе; *Audouinia tentaculata* – до 0.0014% Ni; *Arenicola* – до 0.0008% Ni; *Spirographis spallanzanii* – до 0.0008% Ni, причем отмечается некоторое колебание в содержании Ni в зависимости от места сбора. Теми же авторами были найдены в Vermes Ag и Pb. При этом Ag только у *Owenia fusiformis*, *Mellina palmata*, *Muxicola* и *Sabellaria alveolata*, а Pb – только в *Lumbricus* (нерегулярно), в *Aphrodite* и *Spirographis*.

Из щелочных и щелочноземельных металлов качественно указаны были еще Li, Rb и Sr. Так, например, Polychaeta *Melinna*, *Notomastus latericius*, *Arenicola* и *Aphrodite* содержали Li до 0.0008% сухого вещества, а Rb был открыт лишь в *Muxicola* и в *Notomastus* – 0.00014% сухого вещества. Sr отмечался в известковых трубках Polychaeta (качественно). Fox, Ramage (1931), систематически качественно опробовав 17 Polychaeta¹³, не нашли Sr лишь у *Nephtys* и *Notomastus*. В *Protula*

¹² Старое определение Cu, требующее проверки, принадлежит Ulex (1865) – 0.027% Cu в золе *Eutora*.

¹³ *Sthenelais boa*, *Nereis cullifera*, *Nephtys* sp., *Owenia fusiformis*, *Audouinia tentaculata*, *Amphitrite edwardii*, *Terebella lapidaria*, *Lanice conchilega*, *Mellina palmata*, *Notomastus latericius*, *Arenicola marina*, *Bispira voluticornis*, *Branchiomma vesiculosum*, *Spirographis spallanzanii*, *Sabella pavonina*, *Muxicola infundibulum*, *Sabellaria alveolata*.

содержалось 0.002% Sr. Д. Малюга (1946) в *Arenicola marina* из Кольского залива нашел. $9.5 \cdot 10^{-4}\%$ Co в золе, или $5.5 \cdot 10^{-4}\%$ в сухом веществе и $2 \cdot 10^{-4}\%$ в живом веществе; $1.8 \cdot 10^{-3}\%$ Ni в золе, или $1.1 \cdot 10^{-3}\%$ в сухом веществе и $3.9 \cdot 10^{-4}\%$ в живом веществе.

Yamatuna (1934) приводит данные химического состава *Limnodrilus* sp. (*Oligochaeta*) и *Nereis japonicus* (*Polychaeta*) и содержание в них некоторых редких элементов (в % сухого вещества):

	H ₂ O	Зола	Ca	Mg	P
<i>Limnodrilus</i> sp.	8.110	7.65	0.50	0.158	0.345
<i>Nereis japonicus</i>	85.0	3.67	2.43	1.00	0.408
	Fe	S	Al	As	Zn
<i>Limnodrilus</i> sp.	0.043	0.692	0.036	0.0013	0.00032
<i>Nereis japonicus</i>	0.019	0.550	0.032	0.0000	0.00087

Webb (1937) определил редкие элементы в двух других видах *Vermes* (в % сум-
мы катионов золы):

	Sr	Ba	B	Al	Cr	Mn
<i>Lineus longissimus</i>	0.015	0.005	0.05	0.15	0.07	0.15
<i>Nephtys</i> sp.	0.05	—	0.1	—	0.06	0.005
	Fe	Cu	Zn	Cd	Sn	Pb
<i>Lineus longissimus</i>	0.8	0.05	1.0	0.002	0.02	—
<i>Nephtys</i> sp.	1.0	0.03	1.0	—	—	0.03

4. Металлоиды в *Vermes*

Иод содержится во всех морских *Vermes* порядка 10^{-2} – $10^{-3}\%$ в сухом веществе и даже больше, судя по единственным определениям, которые сделал Cameron (1915a) почти для двух десятков разных червей, собранных у берегов Канады (Тихий океан) у ст. Нанаймо (табл. 140).

Таблица 140
Содержание иода в *Vermes*, по Cameron (1914, 1915a) (в % сухого вещества)

Вид	Комментарий	Иод	Вид	Комментарий	Иод
<i>Nereis</i> sp.		0.008	<i>Amphitrite</i> sp.	Черви	0.011
<i>Nephtys</i> sp.		0.009		Трубки	0.039
<i>Diopatra californica</i> (?)	3	0.084	<i>Thelepus</i> sp.	"	0.28
	Внутренние трубки	0.414	<i>Amphiteis</i> sp.	"	0.025
	Наружные трубки	0.262	<i>Sabellides anops</i>	"	0.028
<i>Onuphis</i> sp.	Трубки	Следы	<i>Sabella columbiana</i>	2; трубки	0.522
<i>Nerine vulgaris</i>		0.095		4; "	0.05
	Трубки	0.022		2; наружный лист трубки	0.497

Таблица 140 (окончание)

Вид	Комментарий	Иод	Вид	Комментарий	Иод
<i>Chaetopterus</i> sp.		0.012		2; внутренний лист трубки	0.544
	Внутренний лист трубки	0.450	<i>Bispira polymorpha</i>	2; черви	0.04
	Средний лист трубки	0.333		3; трубки	0.651
	Наружный лист трубки	0.212	<i>Serpula colymbiana</i>	2; черви	0.038
		2; трубки		0.021	
<i>Phyllochaetopterus</i> sp.	Трубки	0.051	<i>Phoronis vancauve-rensis</i>	Черви	0.005
<i>Spiochaetopterus</i> sp.	"	0.019		Трубки	0.012
<i>Pallasia saxicava</i>	"	0.008	<i>Phoronopsis harmeri</i>	Черви	0.004
<i>Pectinaria</i> sp.	"	0.011			

Особенно высокое содержание I в трубках *Sabella*, *Bispira*, *Diopatra*, *Chaetopterus*, *Thelepus* и др. Трубки эти, как известно, органического характера (кератин, хитин?), с небольшим содержанием золы. По определению Cameron (1915a), *Bispira polymorpha*, например, содержала 16% золы в сухом веществе. Между тем, содержание I в этих трубках достигает 0.65%, т. е. очень высокое (ср. с роговыми губками). Отдельные слои (листки) трубок содержали различные количества I: большое количество I было во внутренних слоях этих трубок. Чрезвычайно интересно выяснить характер органического соединения трубок, которое связывает иод. Как будто бы трубки из рогового (белкового, кератинового) вещества *Sabella*, *Bispira* и др. наиболее богаты I. Наоборот, трубки, состоящие из вещества типа онуфина, хитина и т. п.¹⁴, бедны I (см. *Onuphis*).

Cameron (1915a) обратил внимание, что, например, *Bispira* в зависимости от окраски содержит различные количества иода. Трубки червей, содержащие большое количество золы, т. е. известковые трубки, например *Serpula* и др. (*Phoronopsis*, *Phyllochaetopterus?*), содержат мало иода.

По Mögner, в трубках *Chaetopterus norvegiensis* и *Hyalinacia tubicola* было найдено 0.12–0.18% Вг. Других определений Вг в Vermes нам неизвестно.

Л.С. Селиванов (1939) нашел в пресноводном *Haemopsis sanguisuga* $2.83 \cdot 10^{-30}$ % Вг в сухом веществе, или $5.12 \cdot 10^{-40}$ % в живом веществе (табл. 141).

Интересны определения брома и иода в трубках червей, сделанные Neufeld (1936).

Выясняется, что трубки разных червей имеют разные количества Вг и I, или разные отношения Вг/I. Так, например, Sabellidae содержат много иода и мало брома. Phoronidae, как известно, относятся к самостоятельной группе организмов – резко отличаются от червей содержанием галоидов в своих трубках. Эти данные находятся в согласии с данными Cameron (1915a). Таким образом, наши соображения о

¹⁴ Указан был фурфурол у *Diopatra*.

Таблица 141 (окончание)

значении характера органического вещества, влияющего на содержание галоидов, находят новое подтверждение.

Мышьак был указан лишь в дождевых червях Fellenberg (1923) – до 0.008% сухого вещества, обычно же As в Invertebrata меньше – около $n \cdot 10^{-5}\%$.

Т. Глебович (1941) нашла $2.11 \cdot 10^{-4}\%$ в сухом веществе *Arenicola marina*, или $5.69 \cdot 10^{-5}\%$ в живом веществе.

О фторе в Vermes см. замечания выше.

Таблица 141
Br в Vermes (в % сухого вещества)

Вид	Части трубок	Br	Вид	Части трубок	Br
<i>Dioparta californica</i> (?) (Eunicidae)	Внутренние	0.1175	<i>Eudistylica gigantea</i> (Sabellidae)	Внутренние	0.040
	Средние	0.1215		Средние	0.037
	Наружные	0.039		Наружные	0.083
<i>Chaetopterus</i> sp.	Внутренние	0.319	<i>Bisoira polymorpha</i>	Целиком	0.0685
	Средние	0.2325		Целиком	0.1355
	Наружные	0.0151	<i>Phoronopsis harmeri</i> (Phoronidae)	Наружные	0.00195
Конец	0.042				
(Червь)		0.0195			

Глава XII ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ PHORONIDEA

Phoronidea живут в трубках из органического вещества, но присутствие в них хитина не доказано. Трубки не имеют фибролярного строения, как хитиновые трубки Vermetes, и отличаются по химическому составу от трубок Polychaeta тем, что содержат мало I и Br, хотя живут они в сходных условиях. Мышцы Phoronidea отличаются от мышечной ткани Vermetes значительно более высоким содержанием серы (таурина). Кровь этих организмов содержит эритрокруорин.

Глава XIII ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ ENTEROPNEUSTA

Случайные наблюдения. Так, Baterson замечает, что *Balanoglossus* имеет запах, напоминающий запах йодоформа¹. В *Balanoglossus* был найден I. Нами были сделаны попытки определить в *Saccoglossus mereschkowskii* ванадий (см. об этом в разделе о *Tunicata*, глава XVII). Он не был найден. Спектрограмма золы *Saccoglossus* указывала на присутствие лишь обычных элементов. Трубки *Pterobranchia* рассматриваются как хитиновые, подобно трубкам ископаемых *Graptolitoidea*.

¹ Подобный же запах мы часто замечали в помещениях, где содержались свежие морские водоросли.

Глава XIV ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ ECHINODERMATA

Современные Echinodermata представлены 5 классами: Crinoidea, Asteroidea, Ophiuroidea, Echinoidea и Holothurioidea¹. Все они – жители моря. За исключением Holothurioidea, имеющих либо отдельные спикулы в толще кожного покрова, либо вовсе лишенных минеральных включений; все остальные Echinodermata обладают хорошо связанным из отдельных известковых пластинок скелетом. На долю скелета приходится большая часть веса организма.

Скелеты их часто встречаются в осадочных отложениях и нередко образуют породу². Скелеты, изученные более чем для 100 видов, по своему составу в основном представлены карбонатами Ca и Mg. О содержании других химических элементов в скелетах Echinodermata данные скудные.

Известны далее определения состава полостной жидкости Echinodermata, состава их яиц, тканей, мышц и т. д., но лишь несколько видов были анализированы целиком.

При беглом взгляде на аналитические данные, относящиеся к составу скелетов Echinodermata, обращает на себя внимание однотипность их химического состава. В их химическом элементарном составе нет того разнообразия, с которым мы встречались при изучении скелетов у Protozoa и даже Porifera, Coelenterata и т. д.; так, например, у всех Echinodermata скелет магниально-кальциевый. Это впечатление подчеркивается еще тем обстоятельством, что мы имеем анализы преимущественно только скелетов Echinodermata, да и то только почти исключительно касающиеся содержания в последних Ca и Mg.

Благодаря тому, что Echinodermata имеют дифференцированное строение тела (лучи, иглы, панцирь и т. п.), еще у ранних исследователей можно найти данные, относящиеся к отдельным частям тела Echinodermata, и, в частности, к отдельным частям минерального скелета: иглам, амбулакральным пластинкам и т. п.

Первые анализы скелетов Echinodermata принадлежат Hatchett (1799), Valentin (1842) и Brunner, которые главным образом качественно обнаружили в них CaCO₃. Позже Hilger (1875), Bütschli (1908), а затем многие другие нашли в скелетах Echinodermata и значительные количества MgCO₃. Clarke, Wheeler (1922) на большем числе анализов Echinodermata показали зависимость между содержанием в их скелетах MgCO₃ и температурным режимом местообитания того или иного вида.

Содержание тяжелых металлов и других химических элементов в теле Echinodermata систематически не изучалось, а то, что известно сейчас, довольно случайно.

Замечательной особенностью является содержание в теле некоторых Holothuria значительных количеств ванадия.

¹ Вымерли Carpoidea, Cystoidea, Thecoidea, Blastoidea, Ophiocistia.

² Некоторые силурийские известняки сложены из скелетов вымерших Echinodermata: дэрбиширский, бельгийский мрамор и т. п.

1. Содержание воды, золы и азота в Echinodermata

В среднем содержание H_2O в теле Echinodermata³ колеблется от 65 до 75%. Сухой остаток тела Echinodermata почти на половину состоит из зольного остатка (скелета) (табл. 142). Лишь у Holothuria он невелик. Количество зольного остатка в сухом веществе Echinodermata довольно характерно для видов одного и того же класса.

Наибольшее количество органического вещества – у Holothuria, затем – у Asteroidea и др. (см. табл. 142), наименьшее – у Echinoidea. Meyer (1914) нашел в сухом остатке *Hippasterias phrygiana* 28.28% углерода, в *Spatangus purpureus* – 29%, а в *Echinus esculentus* var. *depressus* – 7.18%. По данным, полученным в нашей лаборатории, *Ophiopholis aculeata* содержала 14.54% углерода на сухое вещество. Наблюдающиеся колебания углерода зависят от величины зольного остатка (скелета).

Для кожистого мешка Holothuria имеются определения C, N и т. д. (см. у Hilger, 1875; Putter, 1908).

В соответствии с большим содержанием органического вещества у Asteroidea в них и более высокое содержание азота.

Таблица 142
Содержание H_2O и остатка от сжигания (золы) в Echinodermata
(в % живого вещества)

Вид	Комментарий	H_2O	Зола	Автор
<i>Asterias glacialis</i>		67.36	14.84	Sempolowski, 1889
		–	47.0*	Marchand, 1866
	Яйца	81.5	1.9	Dalcq, 1923
<i>Asterias gibbosa</i>		63.80	16.9	Pütter, 1908
<i>Asterachantion rubens</i>		81.09	10.75	Weigelt, 1891
		79.96	12.03	Тот же
<i>Hippasterias phrygiana</i>		74.32	13.18	Meyer, 1914
<i>Ophiopholis aculeata</i>		56.65	–	[**]
<i>Ophiotrix fragilis</i>		68.87	25.73	Weigelt, 1891
<i>Spatangus purpureus</i>		55.01	45.94	Meyer, 1914
<i>Echinus esculentus</i> var.		73.33	22.58	Тот же
<i>depressus</i>	Яйца	82.8	–	Moore, Whitley, Adams, 1913
<i>Strongylocentrotus lividus</i>	Сперма	80.72	–	Mathews, 1897
	Яйца	77.9	2.19	Wetzel, 1907
<i>Paracentrotus</i> sp.		80.5	–	Russo, 1926
		77.3	0.34	Ephrussi, Rapkine, 1928
<i>Cucumaria grubei</i>		79.0	4.6	Pütter, 1908
<i>Arbacia punctulata</i>	Яйца	81.9	0.04	McClendon, 1909
<i>Caudina chilensis</i>	5; кожа	77.30	–	Koizumi, 1935
	5; продольный мускул	79.30	–	Тот же
<i>Arbacia punctulata</i>	Яйца	81.9	0.04	McClendon, 1909
<i>Caudina chilensis</i>	5; кожа	77.30	–	Koizumi, 1935
	5; продольный мускул	79.30	–	Тот же

* 47.0% в сухом веществе.

** Неопубликованные данные Биогеохимической лаборатории Академии наук СССР.

³ См. содержание сухого вещества у *Ophioglypha*, *Asterias* у Petersen.

Таблица 143
Содержание азота в Echinodermata (в %)

Вид	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
<i>Asterias glacialis</i>	2.23	6.81	Sempolowski, 1889
	–	3.86	Marchand, 1866
<i>Asterias rubens</i>	–	5.45	Delff, 1912
<i>Asterias forbesi</i>	1.76–1.87	5.32–5.65	Hutchinson, Setlow, Brooks, 1946
<i>Asteracanthion rubens</i>	1.21	6.37	Weigelt, 1891
	0.92	4.63	” ”
	–	1.96	Vibrans, 1873
<i>Hippasterias phrygiana</i>	–	7.23	Meyer, 1914
<i>Ophiothrix fragilis</i>	0.41	1.30	Weigelt, 1891
<i>Ophiopholis aculeata</i>	1.31	2.86	[*]
<i>Spatangus purpureus</i>	–	0.45	Meyer, 1914
<i>Echinus esculentus</i> var. <i>depressus</i>	–	1.15	Тот же
<i>Paracentrotus</i> sp.**	–	10.7	Ephrussi, Rapkine, 1928
<i>Paracentrotus</i> sp.**	–	8.6	Russo, 1926
<i>Strongylocentrotus lividus</i>	–	7.2	Wetzel, 1907

* Из неопубликованных данных Биогеохимической лаборатории Академии наук СССР.
** Яйца.

Многочисленные определения сухого остатка, золы, азота и т. п., кроме того, имеются для Holothuria, употребляемых в пищу в Японии и Китае (так называемые трепанги)⁴.

В таблицах 142 и 143 приведены некоторые данные для H₂O, золы и азота в яйцах⁵ Echinodermata. В работах Masing (1910, Meyerhof (1911), Glaser (1923), Robertson, Schönborn и особенно Needham (1931) и его сотрудников приводятся данные о характере соединений азота и т. п. и их распределении в яйцах Echinodermata. Резких изменений для азота яиц Echinodermata во время их развития не замечалось. По Ephrussi, Rapkine (1928), например, яйца *Strongylocentrotus lividus* после оплодотворения содержали 10.7% N; по прошествии 12 ч (стадия бластулы) – 10.2%; через 40 ч (стадия плутеуса) – 9.7% N в сухом веществе.

2. Содержание Na, K, Ca, Mg, P, S, Cl и Si в Echinodermata

Сведения о более полном составе тела Echinodermata, исключая их скелеты (о которых см. ниже), чрезвычайно незначительны. Наиболее полные анализы Marchand (1866), Vibrans (1873), Griffiths (1892) и др. в настоящее время устарели, поскольку сейчас нам известны более совершенные и более точные приемы анализа.

Более новые анализы Delff (1912), Meyer (1914) и др. ограничиваются данными для Ca, P и Fe. О содержании щелочей – Na и K – в тканях Echinodermata мы знаем лишь примерно, так как имеющиеся данные не вполне удовлетворительны. Поми-

⁴ См. у Greshoff (1903), Kuo-Hao-Lin, Chao-Chi-Chen (1927) о фосфоре и сере, а также у Krukenberg (1881–1882) и др.

⁵ Зола яйца почти нацело растворимая.

мо анализов, приведенных в таблице, Griffiths (1905) дает анализы мышц *Uraster* и *Echinus*; Koizumi (1935) – кожи и продольного мускула *Caudina chilensis*; Hilger (1875) – кожистого мешка голотурии, указывающие содержание в них щелочей в частности. В яйцах Echinodermata, согласно анализам Bialaszewicz (1926), явно преобладает K. По Page (1927a), различия в содержании K и Na в яйцах не столь велики (табл. 144).

Таблица 144
Химический элементарный состав яиц Echinodermata
(в % живого вещества)

Вид	Зола	Na	K	Ca	Mg	PO ₄ ³⁻	Автор
<i>Arbacia</i> sp.*	2.0	0.231	0.434	0.338	0.796	0.114	Page, 1927a
<i>Arbacia pustulosa</i>	1.39	0.042	0.456	0.029	0.024	0.840	Bialaszewicz, 1926
<i>Strongylocentrotus lividus</i>	2.14	–	–	–	–	0.310	Wetzel, 1907
<i>Paracentrotus lividus</i>	1.33	0.014	0.536	0.040	0.044	0.684	Bialaszewicz, 1926
<i>Asterias</i> sp.	2.0	0.690	0.772	0.169	0.240	0.388	Page, 1927a
<i>Arbacia punctulata</i>	0.4	–	–	–	–	–	McClendon, 1909
<i>Strongylocentrotus lividus</i>	–	–	–	–	–	2.86**	Matthews, 1928
	–	–	–	–	–	Присутствует	Pantin, 1931

* SO₄²⁻ = 0.00008; Fe = 0.00048; Cl = 0.0332.
** P, в % сухого вещества.

Koizumi (1935) дает анализ кожи и мышц *Caudina chinensis* в % живого вещества (ср. анализы Hilger, 1875)⁶.

	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻
Кожа	0.69	0.31	2.16	0.44	0.99	1.84	3.66
Продольный мускул	0.44	0.54	0.72	0.20	0.43	1.25	1.02

Отметим низкое содержание K в мышце *Holothuria* (Na/K = 1) по сравнению с другими Invertebrata. Эти наблюдения следует проверить. Myers (1920) нашел в крови *Pisaster ochraceus* 0.053% CaO и 3.2% NaCl, а в крови *Picnopus helianthoides* – 0.056% CaO и 3.2% NaCl, у *Strongylocentrotus franciscanus* – 0.068% CaO и 3.1% NaCl. Pora (1936c) в крови *Paracentrotus lividus* нашел у ♂♂ 3.378% NaCl, 0.0488% K и 0.1156% CaO, а у ♀♀ соответственно 3.334% NaCl, 0.0497% K и 0.0914% Ca. Различия в составе крови у обоих полов незначительны и непостоянны, что, очевидно, связано с открытой кровеносной системой Echinodermata. Количество Cl одинаково с концентрацией хлора в среде.

Более подробно сравнительный анализ гемолимфы см. в таблице 327.

⁶ Lindemann (1899) дает содержание воды и золы в коже *Stichopus regalis*, *Holothuria tubulosa* и *Cucumaria syracusane*. Huarachi (1942) дает анализ *Sphaerechinus esculentus*; см. также Krogh (1939).

К этим наблюдениям следует добавить анализ внутренней жидкости (содержимого) яиц Echinodermata, приводимых Pantin (1931), например (г/л):

	Arbacia	Asterias		Arbacia	Asterias
Na	6.1	23–34	Cl	0.88	–
K	11.5	32	SO ₄ ²⁻	0.0023	–
Ca	8.9	7.0	PO ₄ ³⁻	4.3	5.3
Mg	21.1	9.9	–	–	–

Основную массу остатка от сжигания Echinodermata составляют карбонаты Ca, а затем Mg, образующие скелеты этих организмов.

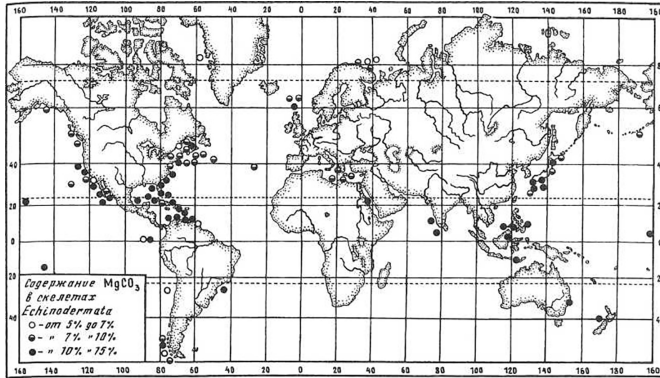


Рис. 2. Содержание MgCO₃ в скелетных частях Echinodermata в связи с температурным режимом

В мягких частях Echinodermata, их внутренних органах, мышцах и т. д., несколько можно видеть по единичным анализам, Mg преобладает над Ca. В яйцах Echinodermata количество Mg и Ca одинаково, причем очевидно, что по мере развития яйца начинает увеличиваться содержание Ca. Ephrussi, Rapkine (1928) нашли для оплодотворенного яйца *Strongylocentrotus lividus* 1.5% золы в сухом веществе; через 12 ч – 9.1%, а через 40 ч – 16.8% золы⁷. У взрослых Echinodermata состав зольного остатка в первую очередь отражает состав их скелета (рис. 2).

Несколько полнее можно представить распределение в тканях Echinodermata фосфора. В целых организмах P₂O₅ находится в среднем около 1% на сухое вещество. В мышцах, особенно в яйцах, P₂O₅ составляет более половины зольного остатка (табл. 145).

Таблица 145
Химический элементарный состав Echinodermata (в % сухого вещества)

Вид	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₂	Cl	Зола в сухом веществе	Автор
<i>Asterias glacialis</i>	1.46	21.66	0.89	–	–	–	Sempolowski, 1889
<i>Asterias</i> sp.*	0.982	21.04	0.88	0.184	3.154	47.05	Marchand, 1866
<i>A. rubens</i>	–	25.98	1.02	0.29	–	47.44	Delff, 1912
<i>A. forbesi</i>	–	23.63	1.03	0.049	–	–	Hutchinson, Setlov, Brooks, 1946
<i>Asteracanthion rubens</i>	6.50	39.96	6.13	–	1.35	34.37	Vibrans, 1873

⁷ См. также Schücking (1903).

Таблица 145 (окончание)

Вид	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₂	Cl	Зола в сухом веществе	Автор
	1.63	19.53	1.37	–	–	45.16	Weigelt, 1891
	0.89	26.77	0.65	–	–	60.04	Meyer, 1914
<i>Hippasterias phrygiana</i>	–	22.58	0.79	0.46	5.34**	51.73	Тот же
<i>Echinus esculentus</i> var. <i>depressus</i>	–	37.72	0.36	0.20	7.67**	85.31	"
<i>Spatangus purpureus</i>	–	12.88	0.32	0.36	3.59**	93.13	"
<i>Ophiothrix fragilis</i>	0.55	37.40	0.33	–	–	82.64	Weigelt, 1891
<i>Ophiopholus aculeatus</i>	–	–	0.88	–	–	–	[***]

* Na₂O – 2.02%; MgO – 1.91%; SO₃ – 1.08%.

** В виде NaCl.

*** Из неопубликованных данных Биогеохимической лаборатории Академии наук СССР. Было найдено 0.49% S на сухое вещество.

Javillior, Grémieu (1928) в теле *Synapta inhaerens* нашли 0.384% P в сухом веществе.

Needham, Needham (1930) наблюдали увеличение P в яйцах Echinodermata по мере их развития (в % сухого вещества):

<i>Dendraster excentricus</i>	
Стадия неоплодотворенного яйца	0.694
Стадия гастролы	0.880
Стадия плутеуса	0.95
<i>Patiria miniata</i>	
Стадия неоплодотворенного яйца	0.694
Стадия бипинарии	0.615

Фосфор в тканях Echinodermata находится в виде разнообразных фосфорноорганических соединений и в виде фосфатов щелочных и других металлов⁸. Отношение между различными формами фосфора в тканях Echinodermata более или менее постоянно. С эволюционной точки зрения представляет большой интерес изучение этих отношений у разных видов Echinodermata и других организмов, что нашло отражение в многочисленных работах Needham (1931) и его сотрудников; затем Bertolo (1912); Robertson, Wasteneys (1913); Крепса, а также Fränkel, Jellinek (1927с) для P и S и других. В скелетах Echinodermata постоянно отмечалось присутствие фосфатов (табл. 146–150).

По содержанию серы Echinodermata в общем не представляют собой исключения среди других Invertebrata (табл. 145, 146). Silberstein (1934) нашел в сухом веществе тканей морского ежа 0.8927% S, а в панцире (с иглами) –

0.2673% серы⁹. См. о содержании S в кожном мешке *Stichopus* и других Holothuria у Lindemann (1899), а также Kossel, Edebacher (1915).

Содержание Si в Echinodermata ничтожно. О Cl см. в главе о составе жидкостей Invertebrata.

⁸ См. Вержбинская, Борсук и Крепс (1935) о соединениях P в мышцах Holothuria.

⁹ Hutchinson, Setlov, Brooks (1946) приводят данные для серы в *Asterias forbesi*: 0.87% в сухом веществе и 0.29% в живом веществе.

Таблица 146
Химический элементарный состав скелетных частей Echinoidea (в % зольного остатка)

Вид	Комментарий	CaCO ₃	MgCO ₃	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaSO ₄	Место отбора	Автор
<i>Strongylocentrotus droebachiensis</i>		93.28	6.36	Следы	0.36*	Следы	Следы	Северное море	Schmelck, 1901
		93.13	5.99	"	0.37	0.13	0.38	Гренландия	Clarke, Wheeler, 1922
		92.83	5.44	0.28	—	—	1.45	Баренцево море	Самойлов, Терентьева, 1925
<i>S. fragilis</i>		88.44	6.95	1.06	0.81	0.32	2.42	Юж. Калифорния, США	Clarke, Wheeler, 1922
<i>S. franciscanus</i>	Крупные иглы	95.06	3.24	0.48	—	—	1.28	Калифорния, США	Терентьева, 1932
<i>Echinarachnius parva</i>		92.39	6.59	0.12	0.29	0.15	0.46	Новая Англия, США	Clarke, Wheeler, 1922
	Панцирь	92.13	6.13	—	—	—	1.74	Берингово море	Терентьева, 1932
<i>E. excentrica</i>		89.90	8.80	—	—	—	1.30	То же	То же
<i>Elscopre californica</i>		79.94	10.38	Следы	5.20	3.99	0.49	Галапагосские острова	Clarke, Wheeler, 1922
<i>E. micropora</i>		82.36	13.79	"	0.98	2.87	Следы	Нижняя Калифорния	Salkovet**
<i>Lyttechinus anamesus</i>		77.91	7.44	0.48	3.51	9.93	0.73	Калифорния, США	Clarke, Wheeler, 1922
<i>L. albus</i>		91.73	7.38	Следы	0.18	0.05	0.66	Пагагония	То же
<i>Tetrarugus niger</i>		90.52	6.27	"	0.32	0.33	2.56	Перу	"
<i>Tetrocidaris affinis</i>		89.35	9.30	"	0.16	0.12	1.07	Флорида, США	"
<i>Heterocentrotus mammillatus</i>		86.42	12.26	"	0.14	0.02	1.16	О-ва Гуамоту	"
<i>Clupeaster testudinarius</i>		91.29	8.41	"	0.14	0.16	Следы	Южная Япония	Salkovet**
<i>Echinus affinis</i>		88.96	5.41	"	2.38	3.25	"	Мыс Хатгерас, США	То же
<i>E. esculentus</i>		89.64	8.84	0.08	—	0.04	1.40	Средиземное море	Butschli, 1908
<i>Echinometra lucunter</i>		83.87	11.56	1.85	0.37	0.13	2.22	О-ва Вест Индия	Камп**
<i>Mellita sextesperforatus</i>		85.02	11.91	Следы	0.39	0.15	1.85	То же	То же
<i>Arbacia pustulosa</i>	Панцирь	90.08	7.72	—	—	—	2.20	Неаполитанский залив	Терентьева, 1932

Таблица 146 (окончание)

Вид	Комментарий	CaCO ₃	MgCO ₃	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaSO ₄	Место отбора	Автор
<i>Paracentrotus lividus</i>		89.40	8.53	—	—	—	2.07	Сицилия	Та же
<i>Prionocidaris</i> (= <i>Phyllacanthus</i>) <i>baculosa</i>		89.33	10.67	—	—	—	—	Красное море	"

* Fe₂O₃,
** См. Clarke, Wheeler, 1922.

Таблица 147
Содержание MgCO₃ в различных частях скелетов Echinoidea (в % зольного остатка)

Вид	Панцирь	Жеват. аппарат	Иглы		Межамбулак. пластинки	Амбулак. пластинки	Иглы		Авторы
			белые	красные			крупные	мелкие	
<i>Heterocentrotus mammillatus</i>	12.26	12.27	8.32	9.86	—	—	—	—	Те же
<i>Strongylocentrotus dröbachiensis</i>	6.89	7.78	—	—	—	—	2.68*	—	Самойлов, Терентьева, 1925
<i>S. franciscanus</i>	—	—	—	—	7.78	4.97	3.24	3.75	Терентьева, 1932
<i>Paracentrotus lividus</i>	8.53	6.69	—	—	—	—	2.92*	—	Тот же
<i>Sphaerechinus granulatus</i>	8.60	8.26	—	—	—	—	5.16*	—	"
<i>Prionocidaris</i> (= <i>Phyllacanthus</i>) <i>baculosa</i>	10.67	—	—	—	—	—	5.98	8.53	"
<i>Arbacia pustulosa</i>	7.72	7.85	—	—	—	—	4.82*	—	"
<i>Cidaris thoursii</i>	—	9.5	—	—	10.11	6.14	3.72	6.16	"
<i>Echinarachnius parma</i>	6.13	5.86	—	—	—	—	—	—	"
<i>E. excentrica</i>	8.8	—	—	—	—	—	—	—	"

* Не указан размер

Таблица 148
Химический элементарный состав скелетных частей *Siphoidea* (в % зольного остатка)

Вид	CaCO ₃	MgCO ₃	Ca ₃ P ₂ O ₈	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	SiO ₂	Место сбора	Автор
<i>Heliometra glacialis</i>							
var. <i>maxima</i>	—	7.28	—	—	—	Сев. часть Японского моря	Palmer (Clarke, Wheeler, 1922)
[¹]	88.50	9.50	—	—	—	Кольский залив	Терентьева, 1932
<i>Metacrinus rotundus</i>	—	10.34	—	—	—	Южная Япония	Palmer (Clarke, Wheeler, 1922)
<i>Ptilocrinus pinnatus</i>	88.48	7.91	0.29	1.31	2.01	Британская Колумбия	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Florometra asperina</i>	89.45	9.44	0.58	0.48	0.05	Тихий океан (вблизи Вашингтона, США)	Те же
<i>Psathyometra fragilis</i>	87.77	9.25	Следы	1.41	1.57	Уэзо Strait, Япония	"
<i>Pentametocrinus japonicus</i>	87.34	10.15	1.12	0.91	0.48	Omai Saki Light, Япония	"
<i>Capillaster multiradiata</i>	86.32	12.69	Следы	0.78	0.21	Филиппины	"
<i>Pachylometra patula</i>	85.81	12.20	1.11	0.74	0.14	То же	"
<i>Catorometra ophiura</i>	86.46	11.68	0.86	0.95	0.05	"	"
<i>Hyalocrinus neresianus</i>	89.66	10.16	Следы	0.10	0.08	"	"
<i>Parametra granulata</i>	87.86	11.08		0.59	0.47	Филиппины (вблизи о-ва Балабак)	"
<i>Craspedometra anceps</i>	86.93	12.34	0.27	0.22	0.24	Tinakta Island	"
<i>Pilometra milleri</i>	87.94	11.13	0.48	0.24	0.21	Гавань Сиднея, Австралия	"
<i>Hathrometra dentata</i>	83.47	9.36	0.88	0.56	5.73	О-в Маргас-Виньярд, Масс., США	"
<i>Vuthocrinus robustus</i>	87.16	10.09	Следы	0.33	0.42	Мексиканский залив	"
<i>Crinometra concinna</i>	87.96	11.69	"	0.30	0.05	Куба	"
<i>Isocrinus decorus</i> ²	88.20	11.69	"	0.08	0.03	"	"
<i>Isocrinus decorus</i> ³	88.27	11.42	"	0.21	0.10	"	"
<i>Endoxocrinus parra</i> ²	88.13	11.62	"	0.21	0.04	"	"

Таблица 148 (окончание)

Вид	CaCO ₃	MgCO ₃	Ca ₃ P ₂ O ₈	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	SiO ₂	Место сбора	Автор
<i>Endoxostinus parra</i> ³	87.58	11.96	"	0.29	0.17	"	"
<i>Tropiometra picta</i>	87.51	11.77	0.27	0.43	0.02	Рио-де-Жанейро, Бразилия	"
<i>Tropiometra carinata</i> ⁴	83.13	13.74	0.64	0.51	0.54	О-в Табаго	Камп (Clarke, Wheeler, 1922)
<i>Promachocrinus kerguelensis</i>	91.55	7.86	Следы	0.57	0.02	Гауссберг, Антарктида	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Anthometra adriani</i>	91.05	8.23	"	0.44	0.28	То же	То же
<i>Zygometra microdiscus</i>	85.48	13.37	0.48	0.62	0.05	О-ва Ару, Новая Гвинея	"
<i>Zygometra microdiscus</i>	—	—	—	—	—	—	А.Н. Clarke, 1911
<i>Chlorometra rugosa</i>	89.80	9.87	Следы	0.27	0.06	Лессер Зюнд, Ротг	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Heterometra quinduplicata</i>		См. <i>Craspedometra anceps</i>					А.Н. Clarke, 1911
<i>Perissometra ratula</i>		См. <i>Rachylometra ratula</i>					То же

¹ CaSO₄ = 2.30.

² Стебли.

³ Руки.

⁴ CaSO₄ = 1.44.

3. Химический элементарный состав скелетов *Echinodermata*, *Echinoidea*

Первая попытка определения химического состава минеральной части скелетов *Echinodermata*, в частности *Echinoidea*, принадлежит Valentin (1842) и Brunner, которые произвели анализы амбулакральных пластинок, панциря, игл и т. п. морского ежа. Они нашли, кроме CaCO_3 , еще около 1.0% MgCO_3 . Более современные данные указывают на то, что определения MgCO_3 , по-видимому, были ошибочны, так как теперь мы знаем, что скелеты всех *Echinodermata* содержат значительно больше MgCO_3 . Вероятно, ошибочны и данные Schurig (1906) для *Phormosoma* sp. (*Echinoidea*)¹⁰.

Кроме CaCO_3 , MgCO_3 в скелетах *Echinoidea*, как и в других *Echinodermata*, постоянно находим фосфаты, а также и сульфаты (CaSO_4 ?), в сумме не превышающие обычно 1% зольного остатка.

Содержание Sr и Ba колеблется, как видно из таблицы 156, от 0.01 до 0.5%. Скелеты содержат и щелочи; входят ли они в состав минерального скелета или относятся к мягким (органическим) частям *Echinodermata*, неясно.

Главную массу скелета составляет все же CaCO_3 . Количество MgCO_3 у разных видов колеблется от 5 до 15% на зольный остаток.

Многочисленные качественные определения Ca в скелетах *Echinoidea*, упоминаемые почти во всех работах биологов, изучавших гистологическое строение скелетов *Echinodermata*, мы не приводим.

По своему составу скелеты *Echinoidea* и других *Echinodermata* являются магниезально-кальциевыми. Clark (1911) обратил внимание при исследовании *Crinoidea* на то, что скелеты этих видов из теплых вод оказались более богатыми MgCO_3 . Благодаря накопившимся в настоящее время данным в этом направлении, особенно после работ Clarke, Wheeler (1922), эту закономерность можно проследить по отношению к скелетам и многих других *Invertebrata*. Выше мы обращали внимание на связь между содержанием MgCO_3 и температурой воды мест обитания у *Alcyonaria*.

Все *Echinoidea*, имеющие ареалом обитания области арктическую или антарктическую, воды которых имеют низкую температуру, или из более глубоких мест умеренных широт, обладают, как правило, и меньшим количеством MgCO_3 в скелете – около 5–7%, и наоборот, субтропические и тропические виды *Echinoidea* содержат MgCO_3 до 15%. С этой зависимостью мы уже встречались ранее, при рассмотрении состава некоторых магниезально-кальциевых скелетов *Alcyonaria* и отчасти других организмов. Она наблюдается и в отношении всех остальных классов *Echinodermata*.

Отношение $\text{MgCO}_3/\text{CaCO}_3$ в скелетах *Echinodermata*, *Alcyonaria* и др. правильно изменяется по мере того, как ареал обитания данного вида продвигается от полюсов к экватору, или наоборот. При этом одновременно происходят и некоторые внешние изменения скелета, иногда общие для всех организмов данного класса (например, появление большей компактности скелета *Crinoidea* у видов более тропических), т. е. происходят изменения, аналогичные тому, что наблюдаются и на суше у растений и животных – изменения морфологических признаков, известных под названием географической или широтной изменчивости. Одновременно с морфологическими изменениями, несомненно, происходят изменения и химического состава организмов.

¹⁰ В котором он нашел 57.7% $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$ в сухом веществе!

Однако систематических попыток рассмотрения морфологических признаков Echinoidea и других в связи с химическим составом их скелета не делалось. Нам представляется, что этим путем можно было бы подойти к выяснению механизма наиболее глубокого и тонкого влияния, которое оказывает нивелирующее действие среды на организмы, имеющие общее местообитание. Это влияние распространяется на целые области, образуя зоны, в которых морские организмы имеют общие черты в химическом составе.

Вернемся к рассмотрению химического состава скелетов отдельных видов Echinoidea. Clarke, Wheeler (1922) нашли, что иглы, жевательный аппарат и панцирь Echinoidea содержат у одного и того же вида разные количества $MgCO_3$. Самойлов, Терентьева (1925), а затем Терентьева получили аналогичные результаты.

Периферические части скелета – иглы – сравнительно с другими частями скелета Echinoidea содержат меньше $MgCO_3$. Наиболее высокое содержание $MgCO_3$ – в панцире, особенно в межамбулакальных пластинках. Мелкие иглы Echinoidea богаче $MgCO_3$, чем более крупные. Жевательный аппарат Echinoidea богат $MgCO_3$. Какой-либо правильности в распределении фосфатов и сульфатов в скелете Echinoidea и других Echinodermata не наблюдается; фосфаты составляют не более 1.0%, тогда как сульфатов, пересчитанных обычно у исследователей на $CaSO_3$, содержится иногда до 5%. Скелеты Echinodermata (и как мы видели, Alcyonaria) имеют наиболее высокие числа для сульфатов. Минералогический характер сульфатов в скелетах неизвестен. Ни ангидрида, ни гипса и т. п. оптическими и другими методами в скелетах этих организмов не находили. Возникает вопрос, не из органического ли вещества¹¹ скелета образуется SO_4^{2-} . Hessel (1826) впервые наблюдал в скелетах ископаемых Echinodermata кристаллы кальцита и думал, что они образуются в результате минерализации. Но уже в 1841 г. Haidinger и другие показали, что и у современных представителей Echinodermata неорганическая часть скелета содержит кристаллы кальцита¹². Это подтвердилось в работах Kelly (1900); Meigen (1902); Bütschli (1908) и др.

Оптические свойства скелетов были подробно рассмотрены многими, недавно W. Schmidt (1924). Во всех скелетах были отмечены кристаллы кальцита, которые определенным образом ориентированы в различных элементах скелета. Так, оптическая ось, например, амбулакальных и межамбулакальных пластинок панциря у *Echinoidea regulata* лежит меридионально, а у *Echinoidea irregulata* (также у некоторых видов рода *Echinometra*) – перпендикулярно. Оптическая ось игл совпадает с направлением длины иглы. Schmidt (1924) находит, что спикулы, например, у *Holothuria*, имеющие общую форму, имеют иногда различные направления оптической оси, и наоборот. Все это важно для генетических построений. Ориентирующее действие кристаллизации кальцита на формообразование скелета и всего тела, по-видимому, уничтожилось в процессе эволюции, хотя и не исключено в некоторых случаях¹³. Дальнейшее углубление в эту интересную область сейчас увело бы нас далеко в сторону от наших целей. Хотя позже мы вернемся к этим вопросам.

¹¹ Органическая основа скелета Echinodermata, так называемый хондрин голотурий, и других, белкового характера, содержит много S.

¹² Биокристаллы. Весь скелет Echinodermata представляет собой кристалл, обладающий ромбодрической спайностью.

¹³ См. Schmidt, 1924.

Таблица 149
Химический элементарный состав скелетных частей Asteroidea (в % зольного остатка)

Вид	CaCO ₃	MgCO ₃	Ca ₃ P ₂ O ₈	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaSO ₄	Место сбора	Авторы
<i>Asterias vulgaris</i>	91.06	7.79	0.21	0.3	0.64	—	Истпорт, Мэн, США	Clarke, Wheeler, 1922
<i>A. tanneri</i> *	87.44	10.28	0.57	0.70	1.01	—	35°43'N, 73°52'W	То же
<i>A. forbesi</i>	88.19	8.24	0.78	0.78	0.17	1.84	Виньярд Саунд, Масс., США	Камм (см. Clarke, Wheeler, 1922)
<i>A. acervata borealis</i>	87.39	9.60	Следы	2.19	0.82	Следы	Новая Шотландия, Канада	Salkover (см. Clarke, Wheeler, 1922)
<i>A. linecki f. robusta</i>	88.01	9.46	0.58	—	—	1.95	Белое море	Самойлов, Терентьева, 1925
<i>Asterina minuta</i>	86.77	12.53	Следы	0.70	0.70	—	О-ва Вест-Индии	Камм (см. Clarke, Wheeler, 1922)
<i>Asterina miniata</i>	88.06	11.24	0.40	0.27	0.03	—	Калифорния, США	Clarke, Wheeler, 1922
<i>A. pectinifera</i>	82.51	12.05	Следы	2.44	0.71	2.29	Огару, Япония	Salkover (см. Clarke, Wheeler, 1922)
<i>Leptasterias compta</i>	86.57	10.27	0.45	0.77	1.94	—	40°17'N, 69°51'W	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Benthopecten spinosus</i>	86.42	9.88	0.29	0.94	2.47	—	39°15'N, 68°08'W	То же
<i>Luidia clathrata</i>	86.77	12.13	0.36	0.42	0.32	—	Чарлстон, Ю. Каролина, США	"
<i>Acanthaster planci</i>	85.99	13.33	0.21	0.20	0.27	—	О. Пальмира	"
<i>Linekia guildingii</i>	83.42	14.31	Следы	0.26	0.24	1.77	О-ва Вест-Индии	Камм (см. Clarke, Wheeler, 1922)
<i>L. laevigata</i>	85.63	9.32	"	2.64	0.70	1.71	То же	Salkover (см. Clarke, Wheeler, 1922)
<i>Ctenodiscus crispatus</i>	88.48	8.78	0.73	0.22	0.39	1.40	Ньюфаундленд, Канада	Камм (см. Clarke, Wheeler, 1922)
<i>C. procurator</i>	87.52	11.16	Следы	1.32	Следы	Следы	Чили	Salkover (см. Clarke, Wheeler, 1922)
<i>C. australis</i>	80.78	10.51	"	7.66	1.05	"	Пагагония	То же
<i>Odonaster hispidus</i>	87.16	10.58	0.08	0.12	0.62	1.44	О-в Мартас-Виньярд, Масс., США	Камм (см. Clarke, Wheeler, 1922)
<i>Plutonaster agassizii</i>	89.18	9.09	—	0.18	0.35	0.20	То же	То же

Таблица 149 (окончание)

<i>Pontaster tenuispinus</i>	89.34	8.86	0.15	0.45	0.31	0.89	Хатгерас, США	"	"
<i>Astropecten articulatus</i>	85.08	13.02	Следы	0.23	0.24	1.43	Западная Флорида, США	Salkover (см. Clarke, Wheeler, 1922)	"
<i>A. americanus</i>	87.93	10.11	"	0.33	0.29	1.34	О-в Мартас-Виньярд, Масс., США	Тот же	"
<i>A. andromeda</i>	78.67	10.42	"	0.45**	8.66	1.01	61°41'N, 3°19'E	Schmeleck, 1901	"
<i>Orthisasterias tanneri</i>	86.41	10.69	"	1.88	1.02	Следы	Хатгерас, США	Тот же	"
<i>Ur-asterias linekii</i>	88.25	8.91	"	2.84	0.00	"	Новая Шотландия, Канада	"	"
<i>P hataria bifascialis</i>	71.28	13.56	"	11.04	2.06	2.06	Сан Лукас, Нижняя Калифорния	"	"
<i>P. pyramidata</i>	81.82	13.52	"	1.86	1.06	1.74	То же	"	"
<i>Oreaster occidentalis</i>	80.04	13.76	"	3.99	0.06	2.15	Калифорния, США	Salkover (см. Clarke, Wheeler, 1922)	"
<i>Marthasterias glacialis</i>	85.99	8.29	"	2.90	0.41	2.41	Азорские острова	Тот же	"
<i>Sulcita novaeguinea</i>	82.27	14.35	"	0.92	0.15	2.31	Восточная Индия	"	"
<i>Coscinasterias calamaria</i>	85.29	11.22	"	3.49	0.00	Следы	Новая Зеландия	"	"
<i>Arcaster tenuispinus</i>	88.46	11.18	"	0.36**	Следы	—	61°41'N, 3°19'E	Schmeleck, 1901	"
<i>Hippasterias phrygiana</i>	87.92	10.29	"	0.66**	"	1.13	63°10'N, 5°25'E	Тот же	"
	87.97	8.77	—	—	—	3.26	Ледовитый океан	Терентьева, 1932	"

* Fe₂O₃.

** Материал Clarke, Wheeler был определен Austin H. Clarke, так что данная ими номенклатура сохранилась; тем не менее *Asterias tanneri*, по-видимому, появилась вновь в таблице (см. ниже) как *Orthisasterias tanneri*.

4. Химический элементарный состав скелетов Crinoidea

Большинство анализов скелетов Crinoidea принадлежит Clarke, Wheeler (1922). Их состав имеет тот же магниезиально-кальциевый характер. Количество $MgCO_3$ в скелетах современных Crinoidea (см. с. 233–234) правильно изменяется от 7.28% до 13.37% $MgCO_3$ ¹⁴ в зависимости от местообитания данного вида. На эту зависимость впервые указал А. Clark в 1911 г. (см. рис. 2 и табл. 148). $MgCO_3$ из скелетов Crinoidea легко извлекается слабыми кислотами. $CaCO_3$ находится в Crinoidea в виде кальцита (см. Meigen, 1901; Schmidt, 1924; и др.).

Таблица 150
Содержание $MgCO_3$ в различных частях скелета Asteroidea
по данным Терентьевой, 1932 (в % зольного остатка)

Вид	Жевательный аппарат	Межамбул. пластинки	Амбул. пластинки	Иглы мелкие	Иглы крупные	Иглы
<i>Asterias rubens</i>	7.57	8.90	6.85	–	–	1.75
<i>Crossaster papposus</i>	–	–	9.86	–	–	8.78
<i>Solaster endeca</i>	–	9.87	9.97	2.30	2.16	–
<i>Ctenodiscus crispatus</i>	–	9.83	8.94	–	–	–

Параллельно с анализами современных Crinoidea Clarke (1922) и его сотрудники подвергли исследованию скелеты ископаемых Crinoidea. Были взяты различные виды (10) из разных мест Европы и Америки – от нижнесилурийского возраста до эоцена. За исключением одного вида, *Eucrinus liliiformis* из триаса Германии, содержащего 20.23% $MgCO_3$, все остальные имели в скелетах от 0.80 до 2.56% $MgCO_3$, т. е. значительно ниже, чем у современных Crinoidea. Интересно, что и Самойлов, и Пустовалов в стеблях Crinoidea из мергелей и известняков серпуховского яруса Тверской губернии нашли также мало $MgCO_3$ – от 2.14 до 3.17%¹⁵.

Возникает две гипотезы: либо прежние Crinoidea (а может быть, и вообще Echinodermata) содержали мало $MgCO_3$ ¹⁶ в скелетах, либо он был извлечен из скелетов погибших Crinoidea растворами в процессе метаморфизации, тем более что растворимость $MgCO_3$ из скелетов Crinoidea большая. Тогда, следовательно, при метаморфизации магниезиально-кальциевых скелетных остатков могут идти оба процесса – уменьшение $MgCO_3$ (например, для Crinoidea) и увеличение $MgCO_3$ (например, для ископаемых известковых Algae и т. п.).

Вопрос, представляющий собой большое научное и практическое значение (эволюция состава скелетов, изменение процессов биогенной миграции $MgCO_3$ и т. д.), остается пока неразрешенным и потребует еще много работы.

¹⁴ По мнению Терентьевой (1932), исходя из одного анализа $MgCO_3$, было больше в руках и меньше в чашечке (см. анализы Clarke, Wheeler, 1922).

¹⁵ Включающие породы содержали $MgCO_3$ до 42.24%.

¹⁶ Наименьшее содержание $MgCO_3$ в современных Crinoidea – 7.28%.

Таблица 151
Химический элементарный состав скелетных частей Орнитоидеа (в % зольного остатка)

Вид	CaCO ₃	MgCO ₃	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaSO ₄	Место сбора	Автор
<i>Gorgonocephalus arcticus</i>	86.60	9.53	0.64	0.84	2.39	(?)	Кайн Код, Масс., США	Камм (см. Clarke, Wheller, 1922)
<i>G. sargi</i>	87.08	9.31	—	—	—	3.61	Кольский залив	Терентьева, 1932
<i>G. eisenemisi</i>	84.36	9.66	1.14	1.17	1.76	1.91	Аляска	Камм (см. Clarke, Wheeler, 1922)
<i>Orphiolypha sarsii</i>	88.44	8.39	Следы	2.62	0.25	Следы	Япония	Salkover (см. Clarke, Wheeler, 1922)
<i>O. lymani</i>	87.65	9.84	0.74	0.62	1.15	(?)	39°32'30" N, 72°21' W	Камм (см. Clarke, Wheeler, 1922)
<i>O. lütkeni</i>	89.50	8.24	Следы	2.26	0.00	Следы	Чили	Salkover (см. Clarke, Wheeler, 1922)
<i>Orhioderma sternerum</i>	86.34	10.19	"	3.47	0.00	Следы	Калифорния, США	Тот же
<i>Orhiomyxa flaccida</i>	85.09	14.08	0.18	0.11	0.24	0.30	Пуэрто-Рико	Камм (см. Clarke, Wheeler, 1922)
	81.02	14.56	Следы	0.70	0.16	3.56	О-ва Вест Индия	Тот же
	79.37	14.95	"	0.85	0.66	4.17	То же	"
<i>Orhiosoma pumila</i>	84.44	12.97	0.14	0.47**	—	1.98	"	"
<i>O. aetkiops</i>	92.12	7.04	Следы	0.73	0.11	Следы	Калифорнийский залив	Salkover (см. Clarke, Wheeler, 1922)
<i>O. erinaceus</i>	86.83	12.05	"	1.12	0.00	Следы	Гавайские о-ва	Тот же
<i>Orphiothrix angulata</i>	87.24	11.68	(?)	0.77	0.31	(?)	Куба	"
<i>Orphiorholis aculeata japonica</i>	91.16	8.01	(?)	0.44	0.39	(?)	О-в Уналашка	"
<i>Orhiomusium lymani</i>	92.70	6.61	Следы	0.69	0.00	Следы	Галапагосские острова	"
<i>Orhiosamax fasciculata</i>	91.30	7.62	"	1.08	0.00	Следы	Карибское море	"
<i>Orhioneris eurybrachiplax</i>	85.53	13.38	"	1.09	0.00	Следы	Япония	"
<i>Astrorhylon</i> sp.*	89.67	9.11	"	0.31	Следы	0.85	Северное море	Schmelek, 1901

* Этот род считают более южным.

** Вместе с SiO₂.

5. Химический элементарный состав скелетов Asteroidea

Состав скелетов Asteroidea тот же, магниезиально-кальциевый (минералогически – кальцит). Во всех известных анализах, главным образом лишь качественных, указывают содержание щелочей и других химических элементов, количественное же определение касается все тех же химических элементов Mg, Ca, SO_4^{2-} , P_2O_5 .

Содержание $MgCO_3$ увеличивается, как правило, у видов из теплых областей океана (рис. 2). Данные для Mg у Schmeick (1901) для видов Asteroidea северных вод несколько расходятся с данными других авторов. Следует заметить, что у Schmeick вообще для всех других им исследованных Invertebrata Mg выше средних данных других авторов.

В отдельных частях скелета Asteroidea количество $MgCO_3$ варьирует с той же правильностью, которая была отмечена для других Echinodermata, а именно: наиболее богаты $MgCO_3$ межамбулакральные пластинки их скелета, затем несколько меньше $MgCO_3$ в амбулакральных пластинках и значительно меньше в скелете лучей.

6. Химический элементарный состав скелетов Ophiuroidea

Особенности состава скелета Echinodermata: 1) изменение содержания $MgCO_3$ в зависимости от температуры местообитания и 2) меньшее содержание $MgCO_3$ в периферических частях скелета – лучах и т. п. – полностью повторяется и для скелетов Ophiuroidea.

Таблица 152
Содержание $MgCO_3$ в различных частях скелетов Ophiuroidea
(в % зольного остатка)

Вид	Диски	Лучи	Лучи		Авторы
			диаметр 5 мм	диаметр 1 мм	
<i>Ophiopleura borealis</i>	10.10	8.62	–	–	Самойлов, Терентьева, 1925
<i>Ophiura sarsii</i>	12.08	8.94	–	–	Терентьева, 1932
<i>Ophiopholis aculeata</i>	10.63	9.20	–	–	Тот же
<i>Gorgonocephalus arcticus</i>	–	–	9.57	9.96	"

Лучи разного возраста – более толстые или менее толстые – у одного и того же индивидуума не различаются между собою по содержанию $MgCO_3$.

7. Формы $CaCO_3$ и $MgCO_3$ в скелетах Echinodermata

$CaCO_3$ находится в скелетах всех Echinodermata в виде кальцита¹⁷.

В каком состоянии находится $MgCO_3$ в скелетах Echinoidea? В виде ли свободного $MgCO_3$ (например, магнезита) или в виде $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ – доломита? Самойлов (1923) на основании термического анализа минеральной части скелетов

¹⁷ Все ныне ископаемые Echinodermata, напр. Cystoidea, Blastoidea, всегда содержали кальцит; см. у Сауеух и др.

Echinodermata (диски *Ophiopleura borealis*) вывел, что $MgCO_3$ находится в виде доломита, что предполагал и Linck (1812). Терентьева недавно подошла к этому вопросу с несколько иной методикой. Она сравнивала растворимость скелетов в 1%-м растворе уксусной кислоты с растворимостью соответствующих минералов и пришла к заключению, что $MgCO_3$ в Echinodermata находится в чрезвычайно легко-растворимой форме, но не в виде магнезита или доломита. Растворимость $MgCO_3$ у Echinodermata (были исследованы диски и лучи офиур *Ophiopholis*, *Ophiura sarsii*) оказалась большей, чем, например, растворимость $MgCO_3$ и *Lithothamnium* (см. главу II, раздел 11).

8. Химический состав скелетных частей (спикул) Holothuria

В кожистом покрове, образующем своего рода мешок, в котором спрятаны внутренние органы голотурий, находятся у многих видов минеральные включения – спикулы. Форма их разнообразна и имеет систематическое значение. Оптические свойства спикул, как мы говорили выше, также могут служить признаком определенных родов и т. п. С минералогической стороны спикулы образованы из кристаллов кальцита¹⁸.

Химический состав их в целом не отличается от состава скелетов других Echinodermata. Bütschli (1908) указывал на высокое содержание в них $MgCO_3$. Качественные указания об известковом характере спикул приводятся многими: Merker (1921), Panning (1931) и др. (табл. 153).

Таблица 153
Химический элементарный состав скелетных частей Holothurioidea
(в % зольного остатка)

Вид	CaCO ₃	MgCO ₃	P ₂ O ₅	SiO ₂	CaSO ₄	Место сбора	Автор
<i>Holothuria</i> sp.	78.96	12.10	0.96	0.57	1.04*	?	Hilger, 1875
<i>Holothuria floridana</i> **	83.29	13.84	Следы	0.15	2.38	Пуэрто-Рико	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Stichopus regalis</i>	81.54	8.10	–	–	2.09	?	Bütschli, 1908
<i>Cucumaria frondosa</i>	Зольный остаток тела 4***					Северное море	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Trochostoma intermedium</i>	"	"	"	24***		Калифорния, США	Те же
	"	"	"	18***		Берингово море	"

* $CaSO_4 + 2H_2O$.

** $Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 0.34$.

*** Более подробные данные см. в оригинале.

Woodland на основании исследований оптических свойств спикул *Holothuria larva*, *auricularia* считал, что они состоят из SiO_2 , что маловероятно¹⁹.

¹⁸ См. Bütschli, 1908.

¹⁹ Schmidt (1924) думает, что спикулы *Auricularia* похожи были на содержащих Sr и что двойное преломление $SrSO_4$ могло быть не замечено, так как оно меньше, чем у кальцита. См. Bert и Blanchard, 1885.

9. Содержание тяжелых металлов

Железо. Fe содержится в тканях и органах Echinodermata порядка $n \cdot 10^{-2}\%$ в живом веществе. Оно находилось при качественных пробах во всех тканях и органах, скелетах, жидкостях и т. п. Echinodermata, например, Schneider (1888), Fox, Ramage (1931) и др. Определения Fe Clarke, Wheeler (1922) относятся к скелетным частям Echinodermata (см. табл. 148–154). Количественные определения Fe в Echinodermata единичны (см. также Warburg, 1914). Оуа, Shimada (1933) нашли в *Stichopus japonicus* (94.25% H₂O) следующие количества Al и Fe (в %):

Al в живом веществе	0.0044	Al в сухом веществе	0.07626
Fe " " "	0.00042	Fe " " "	0.00730

Fe в тканях Echinodermata частично находится связанным с различными пигментами, физиологическая роль и более точный химический состав которых еще не совсем выяснены. Foettinger в 1880 г. получил из клеток, находящихся в жидкости амбулакральной системы *Ophiactis virens*, красный пигмент, который он считал гемоглобином, что вызвало вначале возражение. Он считал его дыхательным пигментом. Пигмент содержал Fe. Однако затем Howell (1885a, b) в *Holothuria (Cucumaria?)* также нашел подобный же пигмент, близкий по свойствам к гемоглобину (он также содержал Fe). Им была высказана мысль о широком распространении гемоглобина в морских организмах, против чего потом возражал Lankester. MacMunn (1886) выделил гематопорфирин из тканей *Asterias rubens*. Он же выделил ряд других пигментов из тканей Echinodermata, в том числе и так называемый эхинохром, по Griffiths, содержащий 3% Fe. В недавнее время был исследован эхинохром Cannan (1927) из *Arbacia punctulata*. Респираторное значение названных железосодержащих пигментов Echinodermata не было достаточно доказано. Многочисленные указания на присутствие в полостных жидкостях Echinodermata окрашенных пигментных клеток (кровяных шариков) косвенно оправдывало предположение о респираторном значении этих пигментов. В последнее время появились работы, которые, по-видимому, разрешают этот вопрос в положительном смысле (табл. 154).

Таблица 154
Содержание Fe и Mn в Echinodermata (в % сухого вещества)

Вид	Fe	Mn	Автор
<i>Toxopneustes</i> sp.	0.13	0.00034	Phillips, 1922
<i>Mellita</i> sp.	0.00075	0.0025	Тот же
<i>Clypeaster</i> sp.	0.0160	0.0028	"
	0.018	0.0018	"
<i>Diadema</i> sp.	0.014	0.00077	"
<i>Astropecten</i> sp.	0.016	0.00158	"
<i>Pentaceras</i> sp.	0.0145	0.00143	"
<i>Holothuria hermudiana</i>	0.0036	0.00081	"
<i>H. hermudiana</i> *	0.0155	Следы	"
<i>H. hermudiana</i>	0.0285	"	Phillips, 1917
<i>H. hermudiana</i> *	0.0010	"	Тот же
<i>Stichopus möebii</i>	0.0890	0.0011	Phillips, 1918
<i>S. regalis</i>	—	0.000040**	Bertrand, Medigreceanu, 1913

Таблица 154 (окончание)

Вид	Fe	Mn	Автор
<i>Asteracanthion rubens</i>	– Присутствует	0.000094** –	Те же Vibrans, 1873
<i>Asterias rubens</i>	0.1288***	Присутствует	Marchand, 1866

* Внутренние органы.
** В % на живое вещество.
*** Вместе с Mn.

Так, например, Lingen, Hogben (1928) изучали свойства пигмента из кровяных телец перивисцеральной жидкости *Cucumaria frankenfeldi* и пришли к выводу, что он относится к серии гемоглобиновых пигментов. Kawamoto (1928) считает аналогичные пигменты из *Caudina chilensis*, имеющие типичную кривую диссоциации для системы Hb + O₂, гемоглобином. Kobayashi (1932) на основании своих наблюдений также приходит к заключению, что *Caudina chilensis*, *Molpadia roretzii* содержат красный пигмент, близкий к гемоглобину Vertebrata.

Vlès считает пигмент из гемолимфы *Cucumaria* и др. Holothuria гемоглобином²⁰. Все эти пигменты содержат Fe.

Имеются, таким образом, все основания думать, что железо в Echinodermata, по крайней мере в определенном роде пигментах, связано с порфириновым обменом и имеет отношение к дыхательной функции.

Нам позже еще придется вернуться к нахождению Fe в различных пигментах Invertebrata. Здесь мы хотели лишь обратить внимание на присутствие у Echinodermata только Fe-содержащих дыхательных пигментов (эритрокруорина) и на отсутствие у них Cu-содержащих дыхательных пигментов (гемоцианина).

Марганец. Определения Mn в Echinodermata случайны, за исключением серии определений Phillips (1922). Они указывают на очень малое содержание Mn в тканях Echinodermata. Нами Mn постоянно находился во всех Echinodermata из Баренцева моря. Концентраций Mn для Echinodermata не находили.

Цинк. Находили постоянно, причем содержание Zn в тканях Echinodermata, как правило, в несколько раз больше содержания Cu.

Общее содержание Zn напоминает содержание Zn у других Invertebrata, у которых Cu не играет большой физиологической роли (не содержится в дыхательном пигменте), например у Coelenterata (табл. 155).

Таблица 155
Содержание Cu и Zn в Echinodermata (в % сухого вещества)

Вид	Комментарий	Cu	Zn	Автор
<i>Toxopneustes</i> sp.		0.00080	0.0023	Phillips, 1922
<i>Mellita</i> sp.		0.00160	0.0021	Тот же
<i>Clypeaster</i> sp.		0.00130	0.00135	"
		0.0011	0.0017	"
<i>Diadema</i> sp.		0.00105	0.0003	"

²⁰ См. о дыхательном пигменте *Caudina chilensis* у Shintaro Ogawa (1927) и о полном составе крови см. главу XIX. См. также о дыхательном пигменте *Cucumaria miniata* и *Molpadia intermedia* у Crescitelli (1945).

Таблица 154 (окончание)

Вид	Комментарий	Cu	Zn	Автор
<i>Astropecten</i> sp.		0.00145	0.0046	"
<i>Pentaceras</i> sp.		0.0018	0.0028	"
<i>Holothuria bermudiana</i>	Внутренние органы	0.0006	0.0017	"
	То же	0.00055	0.0032	"
	"	Следы	0.0180	Phillips, 1917
	"	0.0020	0.00544	Тот же
<i>Stichopus möebii</i>	"	0.0045	–	Phillips, 1918
<i>Stichopus regalis</i>	"	0.00283*	–	Dubois, 1900
<i>Echinus esculentus</i>	"	Следы	–	Тот же
	"		Присутствует	Delezenne, 1919
<i>Asterias rubens</i>	"	0.00245*	–	Dubois, 1900
	"	(0.057)?	–	Ulex, 1865
	"	0.0023	–	Marchand, 1866
<i>A. (Marthasterias) glacialis</i>	"	0.00047	–	Bertrand, 1943c
<i>A. orcaea</i>	3**	0.000271	0.00207	Severy, 1923
<i>A. sp. (gelb)</i>	2**	0.000227	0.00157	Тот же
<i>Petaria nuniaba</i>	3**	0.000199	0.0019	
<i>Strongylocentrotus piperatus</i>	2**	0.000168	0.00021	
<i>Paracentrotus lividus</i>	Без скелета	0.00013	–	Bertrand, 1943c
<i>Cucumaria lefevrei</i>		0.00053	–	

* На живое вещество.
** Число определений.

Медь. Ulex (1865), Marchand (1866) в свое время указали на нахождение Cu в *Asterias rubens*. Новые данные позволяют более или менее точно выяснить порядок нахождения Cu в Echinodermata (см. табл. 155).

В Echinodermata не встречаются те относительно большие количества меди, какие мы находим, например, в Mollusca. Содержание ее меньше, чем Zn. Все это говорит в пользу того взгляда, что Cu не принимает участия в образовании дыхательных пигментов Echinodermata. О роли меди у Echinodermata ближе ничего не известно.

Glaser (1923) произвел интересные исследования яиц *Arbacia* на содержание в них меди, им было обнаружено в 1 см³ яиц в среднем 0.016 мг Cu; в 1 см³ оплодотворенных яиц – 0.174 мг; в 1 см³ скорлупы – 0.02 мг.

Яйца извлекали Cu из морской воды. Медь сосредоточивалась в пигментном слое яиц. По мнению автора, Cu влияет на процессы оплодотворения, будучи связана с липоидным обменом²¹.

Ванадий. Phillips (1918), анализируя золу *Holothuria Stichopus möebii* с о-ва Тортуга, помимо Cu, Fe и Mn, находившихся в обычных количествах, открыл V, содержащийся в количестве до 0.123% на сухое вещество. V нигде больше в морских Invertebrata (исключая Ascidia, см. дальше) до сих пор не был найден, несмотря на специальные анализы. Мы имели в своем распоряжении *Stichopus japonicus* var. *armatus* спиртовой материал сбора 1900 г., но в нем оказались лишь

²¹ Rothschild, Tuft (1949) указывали на роль Cu и Zn в физиологии спермы Echinus.

следы V, обнаруженные спектроскопически. В других голотуриях, как *Cucumaria frondosa*, *Molpadia affinis* и др. из Баренцева моря, его вовсе нельзя было обнаружить в 1 г золы.

Наконец, нами были испытаны так называемые трепанги (высушенные предварительно особым образом обработанные тела голотурий), употребляемые в пищу японцами и китайцами. Получены они были с рынка во Владивостоке. V в них также содержался лишь в следах.

Bertrand (1943a, c) обнаружил следующие количества Mo и V в Holothuria и других Echinodermata (в % сухого вещества):

	V	Mo
<i>Cucumaria lefevrei</i>	0.0001	0.00023
<i>Asterias (Marthasterias) glacialis</i>	0.0003	0.00011
<i>Paracentrotus lividus</i>	0.00008	0.00011

Все это указывает на то, что концентрация V в голотуриях – явление чрезвычайно редкое. Возникает вопрос, не является ли нахождение V весьма ограниченным в пределах лишь некоторых видов рода *Stichopus* и каких-либо еще других родов, подобно распространению V, как мы это установили, лишь в определенных родах *Ascidia*. О значении нахождения V в Holothuria в систематическом отношении и с геохимической точки зрения см. в главе о Tunicata (гл. XVII).

В основном те Echinodermata (за исключением Asteroidea), которые не имеют хорошо развитой печени, не концентрируют тяжелые металлы, что связано с условиями существования Vermes.

10. Нахождение других металлов

Стронций и барий. В скелетах Echinodermata спектроскопически нами постоянно отмечался Sr. То же указывают Fox, Ramage (1931). В нашей работе с Боровик-Романовой постоянно отмечалось и нахождение бария (например, в скелетах *Cucumaria frondosa*, *Ophiopholus aculeata* и др.).

Как правило, Sr находился в преобладающем количестве. Количественные данные о нахождении Sr и Ba сведены в таблицу 156.

Таблица 156
Содержание Sr и Ba в скелетах Echinodermata (в % зольного остатка)

Вид	Sr	Ba	Автор
<i>Ophiopleura borealis</i>	0.05*	0.5*	Потапенко, 1925
<i>Asterias linckii</i>	0.05*	0.5*	Тот же
<i>A. rubens</i>	0.15	Присутствует	Виноградов, Боровик-Романова, 1935
<i>Strongylocentrotus dröebachiensis</i>	0.15	"	Те же
	0.05*	0.5*	Потапенко, 1925
<i>Ophiopholus aculeata</i>	0.2	Присутствует	Виноградов, Боровик-Романова, 1935
<i>Gorgonocephalus eucnemis</i>	0.2	"	Те же

* Максимум.

Webb (1937), также изучавший Ba, обнаружил 0.004 и 0.003% Ba (в сухом веществе) в *Marthasterias* и *Asterias rubens*.

Магнезиально-кальциевые скелеты Echinodermata содержат, как видно, от 0.005 до 0.5% Sr и несколько меньше Ba, вероятно в виде карбонатов. Содержание Sr до 0.5% в скелетах Invertebrata должно привлечь серьезное внимание геохимиков.

Титан. Ti качественно постоянно обнаруживался при спектроскопических исследованиях, ведущихся в нашей лаборатории. Каминская (1937), например, нашла в *Ophiopholis aculeata* $1 \cdot 10^{-4}\%$ Ti в живом веществе.

Webb (1937), I. Noddack, W. Noddack (1939) дали серию определений реже встречающихся химических элементов (спектроскопическим путем) в ряде Echinodermata (табл. 157).

Для ряда химических элементов даются порядки их содержания в Echinodermata. Большинство химических элементов содержится в количествах меньших, чем у других Invertebrata (Vermes, Mollusca, Crustacea). Некоторое повышение следует отметить для содержания ванадия (и Pb) в Holothuria. Интересно, что соотношение Co/Ni приближается к таковому же в морской воде, а в покровных частях *Brissopsis* изменено соотношение Co/Ni в сторону преобладания кобальта.

Радий. В Биогеохимической лаборатории АН СССР К. Кунашева (1944) произвела определения содержания радия в следующих Echinodermata из Кольского залива (в % живого вещества):

<i>Asterias rubens</i>	(1938)	$3.7 \cdot 10^{-13}$
	(1938)	$3.9 \cdot 10^{-13}$
<i>Cucumaria frondosa</i>	(1938)	$3 \cdot 10^{-13}$
<i>Strongylocentrotus dröebachiensis</i>	(1938)	$4.9 \cdot 10^{-13}$
	(1938)	$6.1 \cdot 10^{-13}$

Содержание радия в Echinodermata наименьшее среди Invertebrata и приближается в этом отношении к содержанию радия в рыбах и других Vertebrata.

Таблица 157
Содержание редких элементов в Echinodermata (в % сухого веса)

Вид	Комментарий	Ti	V	Cr	Mo	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Ag	Au	Zn	Авторы
<i>Stichopus tremulus</i>		0.00043	0.0057	$9 \cdot 10^{-5}$	0.00026	0.0037	0.041	0.00012	0.0038	0.0057	0.00026	$2.4 \cdot 10^{-6}$	0.014	I. Noddack, W. Noddack, 1939
<i>Brissopsis lyrifera</i>	Панцирь	0.00048	0.0005	$2 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$	0.053	0.057	0.0002	0.00021	0.0018	0.00015	$7 \cdot 10^{-7}$	0.0065	Те же
<i>Asterias rubens</i>		0.0005	0.0009	$2 \cdot 10^{-6}$	0.00024	0.019	0.03	0.00009	0.0024	0.0018	0.00038	$3 \cdot 10^{-6}$	0.016	"
<i>A. rubens</i> *		-	-	-	-	-	-	0.0003	0.0004	-	-	-	-	Малюга, 1939, 1941
<i>Marthasterias glacialis</i> *		-	-	-	-	0.003	0.08	-	-	0.03	-	-	-	Webb, 1937
<i>Orphioscomina nigre</i> *	Диск, конечности	-	-	-	-	0.010	0.05	-	-	0.01	-	-	-	Тот же
<i>Paracentrotus lividus</i>	Оварияльная часть	-	-	0.003	-	0.03	0.25	-	-	0.04	-	-	-	"
<i>P. lividus</i> *	Целом. жидкость	-	-	-	-	0.008	0.05	-	-	0.003	-	-	-	"
<i>Echinus esculentus</i> *		-	-	-	-	-	-	-	-	0.003	-	-	-	"
<i>Cucumaria frondosa</i>		-	-	-	-	-	-	0.00067	0.0002	-	-	-	-	Малюга, 1939, 1941

Таблица 157 (продолжение)

Вид	Комментарий	Cd	Ca	Th	Ge	Sn	Pb	As	Sb	Bi	Sr	Ba	B	Авторы
<i>Stichopus tremulus</i>		0.00026	$5 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{-5}$	0.0006	0.0021	0.0002	$2.4 \cdot 10^{-5}$	$2.7 \cdot 10^{-5}$	-	-	-	I. Noddack, W. Noddack, 1939
<i>Brissopsis lyrifera</i>	Панцирь	$3 \cdot 10^{-6}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$7 \cdot 10^{-5}$	0.00016	0.0005	0.0008	$1.8 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-6}$	-	-	-	Тот же
<i>Asterias rubens</i>		0.00017	$7 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{-5}$	0.00072	0.0015	0.0004	$1 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-6}$	-	-	-	"
		0.00011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Малюга, 1939, 1941

Таблица 157 (окончание)

Вид	Комментарий	Cd	Ca	Th	Ge	Sn	Pb	As	Sb	Bi	Sr	Ba	B	Авторы
<i>A. pilens</i> *		0,003	—	—	—	0,08	0,005	—	—	—	0,8	0,003	0,15	Webb, 1937
<i>Marthasterias glacialis</i> *		—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,6	0,004	0,03	I. Noddack, W. Noddack, 1939
<i>Orhiosomina nigra</i> *	Диск, конечности	0,003	—	—	—	—	—	—	—	—	1,0	—	0,08	Webb, 1937
<i>Paracentrotus lividus</i> *	Оварияльная часть	0,003	—	—	—	0,08	—	—	—	—	0,05	—	0,01	Тот же
<i>P. lividus</i> *	Целом. жидкость	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—	0,03	"
<i>Echinus esculentus</i> *		—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—	0,03	"
<i>Cystaria frondosa</i>		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Малюга, 1939, 1941

* Авторы дают совершенно необычный расчет своих спектроскопических определений на вес суммы катионов (из золы).

11. Содержание металлоидов в Echinodermata

Бор. В Echinodermata впервые бор был найден Bertrand, Agulhon (1913) в *Strongylocentrotus lividus* (во внутренних органах), в *Asterias rubens*, *Asterias glacialis* – около 1–2 мг в 100 г сухого вещества. Затем Goldschmidt и Peters (1932) в скелетах *Echinus esculentus* нашли 0.01 В₂О₃. Таким образом, намечается порядок содержания В в Echinodermata и др., близкий к $n \cdot 10^{-3}$.

Т. Глебович (1941) в нашей лаборатории нашла следующие количества бора в Echinodermata из Баренцева моря (в %):

Организм	Сухое вещество	Живое вещество
<i>Ophiura sarsii</i>	$5.53 \cdot 10^{-3}$	$1.66 \cdot 10^{-3}$
<i>Asterias rubens</i>	$3.76 \cdot 10^{-3}$	$4.76 \cdot 10^{-4}$
<i>Cucumaria frondosa</i>	$5.67 \cdot 10^{-3}$	$1.24 \cdot 10^{-3}$
<i>Echinus strongylocentrotus</i>	$5.13 \cdot 10^{-3}$	$9.61 \cdot 10^{-4}$
<i>Ophiopholis aculeata</i>	$3.55 \cdot 10^{-3}$	$1.54 \cdot 10^{-3}$
<i>Gorgonocephalus</i> sp.	$3.72 \cdot 110^{-3}$	$1.12 \cdot 10^{-3}$

Иод. Впервые I был найден Sarphati (1837) в *Asterias rubens*, а несколько позже в том же организме его определил Marchand (1866) – уже количественно. Однако дальнейшее изучение распространения I в морских организмах меньше других затронуло Echinodermata (табл. 158).

Таблица 158
Содержание иода в Echinodermaia (в %)

Вид	Живое вещество	Сухое вещество	Место сбора	Авторы
<i>Asterias rubens</i>	–	0.046	?	Marchand, 1866
<i>Asterias forrei</i>	0.000046	–	La Jolla, Калифорния, США	Lunde, Bøe, Closs, 1930
<i>Asterias glacialis</i>	0.000129	–	То же	Те же
	0.000111	0.000739	Осло-фьорд	Closs, 1931
<i>Pentagonaster granularis</i>	0.00153	–	То же	Тот же
<i>Stichopus regalis</i>	0.000742	–	"	"
	0.000338	–	"	"
	0.000155	–	"	Lunde, Bøe, 1931
<i>Stichopus californensis*</i>	–	0.002	Тих. океан, Канада	Cameron, 1914
<i>Stichopus californensis**</i>	–	0.0025	То же	Тот же
<i>Strongylocentrotus dröebachiensis*</i>	–	0.02	"	"
<i>Strongylocentrotus dröebachiensis***</i>				
<i>Strongylocentrotus dröebachiensis</i>	–	0.003	"	"
purple* var.	–	0.049	"	"
<i>Picnopodia helianthoides</i>	–	0.000	"	"

Таблица 158 (окончание)

Вид	Живое вещество	Сухое вещество	Место сбора	Авторы
<i>Holothuria</i> sp.	–	0.0006	Китайское море	Adolph, Whang, 1932

* Внутренние органы.
** Кожистые мешки.
*** Гонады.

Порядок содержания I в Echinodermata в целом более или менее выяснился – он близок к $n \cdot 10^{-4}\%$, т. е. довольно обычный и для всех других морских организмов (за исключением организмов – концентраторов иода).

Lunde, Вöе, Closs (1930) подробно изучили распределение I в отдельных органах Echinodermata. Обращает внимание высокое содержание I в кишечнике Echinodermata. Lunde показал, что, например, содержимое кишечника *Mesothura intestinalis* имеет около 0.0022% I, тогда как сам кишечник содержал 0.0012% I на свежее вещество. Это указывает отчасти, что голотурия пользуется пищей с высоким содержанием I (водоросли и т. п.).

I находится в Echinodermata (например, в кожном мешке *Holothuria*) в органическом соединении, не извлекающемся водой. Из тканей²² *Asterias glacialis*, например, можно было извлечь спиртом 37.2% I, хлороформом – 3.3%, а водой ничего не извлекалось, в щелочи и кислоту перешло 59.6% всего иода (табл. 159).

Таблица 159

Содержание иода в различных органах Echinodermata (в % живого вещества)

Вид	Мышцы	Печень	Яичники	Желудок	Жидкости тела	Внутренности	Автор
<i>Asterias glacialis</i>	0.000126	0.00027	0.0000117	0.0000081	0.0000053	–	Closs, 1931
	0.000066	0.000106	0.0000117	0.0000102	–	–	Lunde, Вöе, 1931
<i>Stichopus regalis</i>	0.00033	–	–	–	0.000003	0.002722	Closs, 1931
	0.000097	–	–	–	0.000003	0.002455	Тот же

Lunde, Вöе, Closs (1930) выяснили путем многочисленных анализов, что рыбы с Тихоокеанского побережья Америки беднее I, чем рыбы с норвежского берега. Аналогично этому ведут себя и Echinodermata, так, например, *Asterias forrei* из La Jolla имели 0.000046% I, а *Asterias glacialis* с норвежского берега – 0.000129% I в свежем веществе.

Возникает вопрос, насколько это обогащение I норвежских организмов имеет более общий характер (см. водоросли). Эти явления могут быть объяснены различным составом и мощностью развития планктона (главным образом фитопланктона), которым питаются многие рыбы и Invertebrata.

Бром. Marchand (1866) нашел в сухом веществе *Asterias rubens* 0.007% Br. Первые систематические определения Br в Echinodermata были произведены в нашей

²² Кожистого покрова.

лаборатории А.М. Симориным. Организмы были собраны из разных мест Кольского залива.

Никакого накопления Вг у Echinodermata против его содержания в воде моря заметить нельзя (табл. 160).

Таблица 160
Содержание Вг в Echinodermata (в % живого вещества)

<i>Solaster endeca</i>	0.0080	<i>Strongylocentrotus dröebachiensis</i>	0.0042
<i>Cucumaria frondosa</i>	0.0066	<i>Asterias rubens</i>	0.0040
<i>Gorgonocephalus arcticus</i>	0.0059	<i>Ctenodiscus crispatus</i>	0.0022
<i>Heliometra glacialis</i>	0.0063	<i>Ophiura sarsii</i>	0.0015

Мышьяк. Единственные определения As в Echinodermata были сделаны Bertrand (1903), который нашел в *Stichopus regalis* $3.7 \cdot 10^{-6}\%$ As, в *Strongylocentrotus dröebachilensis* – $1.5 \cdot 10^{-5}\%$ As и в *Pedicellaster sexradiatus* – $7 \cdot 10^{-6}\%$ на сухое вещество, т. е. в среднем меньше, чем содержание, например, иода.

Фтор. Качественные и ненадежные указания.

Глава XV ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ MOLLUSCA

1. Общие замечания

Mollusca по числу видов являются одним из самых обширных типов беспозвоночных. Представители Mollusca имеют и сейчас широкое распространение в морях. Мягкие части многих Mollusca – их тела – пожираются многочисленными морскими хищниками – рыбами, беспозвоночными (например, Echinodermata и др.). Человек вылавливает огромное количество Ostreae и других Mollusca, употребляя их в пищу, раковинами других пользуется в качестве украшения и т. д.¹

Из раковин Mollusca (например, некоторых Lamellibranchiata, Pteropoda, отчасти Gastropoda) образованы многие известняки; помимо того, отдельные створки раковин постоянно встречаются в разнообразных отложениях, нередко являясь руководящими ископаемыми формами. Изучение химического элементарного состава Mollusca невольно диктовалось научно-практическими соображениями. Но несмотря на то, что употребление, например, устриц в пищу человеком известно было задолго до начала новой эры², а участие раковин в породообразовании известно было еще ученым римлянам, изучение состава Mollusca не получило надлежащего развития. По сравнению с другими беспозвоночными для Mollusca насчитывается наибольшее число разнообразнейших данных о их составе. О характере же их можно было бы полностью повторить все то, что мы говорили об анализах, например, водорослей, с той лишь, может быть, поправкой, что большинство из них обладает еще меньшей полнотой.

Лучше известно для Mollusca, сравнительно с другими Invertebrata, о нахождении в них ряда тяжелых металлов – меди, марганца, отчасти железа, цинка. Для большинства же других химических элементов количественные определения немногочисленны, а чаще и случайны. О содержании обычных элементов – магния, натрия, кремния и многих других в мягких частях Mollusca почти нет количественных данных. Поэтому о составе тела Mollusca мы имеем несколько одностороннее представление.

Состав раковин Mollusca изучался обычно в пределах содержания Ca, CO₂, P, S, Mg, HgO. Но и эти исследования, за редкими исключениями (данные Clarke, Wheeler, 1922), проводились несистематически или ограничивались двумя-тремя видами Mollusca. В действительности же состав раковин сложнее и не так однообразен, как это кажется нам с первого взгляда. Присутствие других химических элементов, хотя бы и в малых количествах, как мы увидим дальше, является характерным для отдельных видов Mollusca, на что следует обратить внимание геохимика и палеонтолога.

Особо стоят исследования крови и других жидкостей Mollusca, – а за последнее время и появившиеся исследования состава яиц Mollusca – в связи с вопросами происхождения (филогенеза и т. п.).

Первые исследования состава Mollusca относятся к концу XVIII в., когда появились работы Merat-Guillot (1797), John (1818), Hatchett (1799), Vauquelin и дру-

¹ См. Tressler (1923).

² Еще в доисторическое время человек пользовался Mollusca в качестве пищи.

гих о составе раковин. В начале и середине XIX в. интерес к этим работам возрастает, во-первых, со стороны минералогов [Forchhammer (1852), Bischoff (1847)], а затем биологов и химиков в связи с открытием в крови Mollusca меди [Bizio (1834), Hartess (1847) и др.]. Исследования этого рода в ряде стран – США, Франции – возникают со стороны врачебно-санитарного надзора в связи с наблюдавшимися случаями отравления употреблявшимися в пищу устрицами и другими Mollusca.

Известная разнородность сведений о химическом составе Mollusca, создавшаяся в результате различия целей, которые ставились их исследователями, не затеняет все же особенностей состава отдельных видов и групп Mollusca, что мы ниже и попытаемся более подробно осветить.

2. Содержание воды, органического вещества и золы

Определения воды в Mollusca производились многократно. В огромном большинстве случаев они дают лишь представление о некотором среднем содержании воды в теле Mollusca. Определения эти известны, во-первых, в целых Mollusca вместе с раковинами; во-вторых, в теле Mollusca вместе с их тканевой и другой жидкостью (например, из мантийной полости Lamellibranchiata); в-третьих, в теле без жидкости; в-четвертых, в одной жидкости и, наконец, отдельно в раковинах, если не считать определения воды в отдельных органах, к примеру, часто в мышцах (нога у Lamellibranchiata и др.) и т. п. Колебания, наблюдающиеся в содержании воды в теле (мягких частях) определенных видов Mollusca, отчасти объясняются тем, что исследователи в одних случаях определяли это содержание вместе с названными жидкостями, в других же случаях тщательно от нее освобождались. Процесс подготовки материала к анализу часто не описывается. Atwater (1892) в ряде работ подробно изучал содержание воды, как и других веществ, в Mollusca, причем в зависимости от того, взяты ли были тела Mollusca с жидкостью или без нее, общее содержание воды резко менялось (табл. 161).

Например, в *Ostrea edulis* – 80.30% воды, а вместе с жидкостью (из мантийной полости) – 87%, то же соответственно для *Mya arenaria* – 79.38 и 85.82% и т. п. Наши определения воды для большого числа *Mytilus edulis* показали, что ошибка по причине этого обстоятельства может достигать 15% первоначального веса. Ниже мы приводим лишь некоторые определения воды в мягких частях Mollusca. Помимо приведенных данных, частично их можно найти также у Ryder (1882), Greshoff (1903), Bosz (1910) для *Loligo javanica*, *Octopus fansiao* и др.

По данным ряда исследователей, содержание воды в Mollusca может быть вычислено косвенно, например по содержанию сухого остатка и т. д. [см. Vernon (1895); König (1903); Petersen, Boysec-Jencen (1911)³; Bertrand, Vladesco (1923); Wang-Tai-Si (1928); Santos, Ascalon (1931); Riesser, Hansen (1933) и Silberstein (1934)].

Кроме того, известны анализы различных пищевых продуктов, полученных из Mollusca. На них мы здесь не останавливаемся⁴.

В среднем в мягких частях Mollusca содержится 75–85% воды. Наибольшее содержание воды имеют виды Lamellibranchiata, а также некоторые Gastropoda, не имеющие раковин или с редуцированной раковиной (например, *Limax*, *Arion*).

³ Часто пользуются весом сухого остатка организмов, фиксированных спиртом, формалином и т. п., как мы показали; это может повести к неверным результатам.

⁴ См. Beythien (1901); Henseval (1902); König (1903); Ludwig, Stern, а также обширную библиографию работ по устрицам Stevenson (1894), McDonald (1922).

Большинство же Gastropoda показывают меньшее содержание воды, чем Lamellibranchiata. Из того очень ограниченного числа наблюдений, которые нам известны для Cephalopoda, как будто бы следует, что они содержат наименьшие количества воды по сравнению с другими Mollusca – в среднем до 75%.

Таблица 161
Содержание воды и золы в теле Mollusca (в % живого вещества)

Вид	Комментарий	Вода	Зола	Место сбора	Автор
Lamellibranchiata					
<i>Ostrea edulis</i>		80.38	2.69	–	Payen, 1865
		77.0	1.79	–	Möbius, 1877
		80.69*	2.37	–	König, 1879
		82.03	–	Остенде	Stutzer, 1882
		80.09	–	–	Sempolowsky, 1889
		80.89	2.08	–	Weigelt, 1891
		80.50	2.04	–	Balland, 1898a
		78.7	2.2	–	Cox (см. Orton и др., 1924)
		82.2	–	–	Voit, 1892 (?)
	87.36**	2.03	–	Griffiths, 1905	
<i>Crassostrea gigas</i>		84.27	1.71	Япония	Yoshimura, Nishida, 1930
<i>Ostrea imbricata</i>		83.0***	2.5	–	Henseval, 1903
		86.4	2.13	–	Albu, Neuberger, 1906
		87.5	–	–	Peterson, Elvehjem, 1928
		87.5	–	–	Lindow, Elvehjem, Peterson, 1929
		–	–	–	Malcolm, 1928
		87.3	2.9	–	Hindmann, Goodrich, 1917
		41	80.30	1.99	США
		–	2.21	США, Атлант. берег	Taylor, 1925b
<i>Cr. circumpicta</i>		87.97	0.57	Филиппины	Valenzuela, 1928
<i>Cr. virginica</i>		82.50	2.29	Новая Англия, США	Hunter, Harrison, 1928
		84.50	1.36	Чесапикский залив	Те же
<i>Cr. laperousii</i>		82.69	2.62	Мыс Басаргин, Тихий океан, СССР	Пентегов, Георгиевский, Мен-тов, 1928.
<i>Crassostrea gigas</i>		83.11	4.64	Филиппины	Etorma, 1928
		8427	4.64	"	Тот же
<i>C. gigas</i> (однолетний)	♀♀	82.55	1.07	Кусатсу, Япония	Masumoto, Masumoto, Hibino, 1932
	♂♂	82.90	1.19	То же	Те же
<i>Ostrea gigas</i> (однолетний)	♀♀	82.09	0.97	Jigozen, Япония	"
<i>Ostrea gigas</i> (однолетний)	♂♂	77.66	1.91	"	"

Таблица 161 (продолжение)

Вид	Комментарий	Вода	Зола	Место сбора	Автор
<i>Ostrea gigas</i> (двухлетний)	♀♀	84.14	1.46	Кусатсу, Япония	"
<i>Crassostrea gigas</i> (двухлетний)	♂♂	84.73	1.11	Кусатсу, Япония	Hibino, 1932
<i>Crassostrea gigas</i> (двухлетний)	♀♀	85.61	0.96	Јigozen, Япония	То же
<i>Crassostrea gigas</i> (двухлетний)	♂♂	82.93	1.00	"	"
<i>Mytilus edulis</i>		82.20	1.84	"	Balland, 1898a
		75.74*	2.73	"	Payen, 1865
		82.2	–	"	Voit, 1892 (?)
		80.40	2.40	"	Griffiths, 1905
		86.50	1.49	Северное море	Buttenberg, Noel, 1918
	86.37	1.37	Балтийское море	Те же	
	82.25	–	Киль	Drost, 1886	
<i>Mytilis dinkeri</i>		84.03	11.30	Амурский залив, Тихий океан, СССР	Atwater, 1892
		78.67	1.73	США	Пентегов и др., 1928
<i>Cardium edule</i>		78.67	1.73	–	Те же
		92.0	1.28	–	Balland, 1898a
<i>Mesodesma glabrata</i>		86.11	5.04	–	Greshoff, 1903
		78.0	1.72	–	Balland, 1898a
<i>Pecten irradiatus</i>	2	80.32	1.38	–	Atwater, 1882
<i>Mya arenaria</i>		84.50	2.3	–	Langworthy, 1898
		83.46	1.98	–	König, 1903
		79.51	1.78	–	Buttenberg, 1911
		81.0	1.20	–	Griffiths, 1905
		85.91	2.59	–	Atwater, 1882
<i>Venus mercenaria</i>		78.89	3.90	Филиппины	Valenzuela, 1928
	2	84.56	3.20	–	Atwater, 1892
	74.44**	1.46	–	Meigs, 1915	
<i>Cyrena gigantea</i>		85.04	1.96	Филиппины	Etorma, 1928
<i>Tapes striatus</i>		84.23	1.70	"	Те же
<i>Tellina incerta</i>		86.42	1.49	"	"
<i>Tridacna cumingii</i>		80.06	2.77	"	"
<i>Area granosa</i>		79.61	1.37	"	"
<i>Pinna virgata</i>		80.89	3.92	"	"
<i>Circe gibba</i>		85.79	2.43	"	"
<i>Macrasolida (Turbo littoralis)</i>		70.76	–	"	Payen, 1865
<i>Anodonta</i> sp. (пресноводн.)		81.11**	1.80	"	Griffiths, 1905
Gastropoda					
<i>Cerithium vertagus</i>		80.42	6.80	Филиппины	Etorma, 1928
<i>Strombus canarium</i>		72.46	5.16	"	Тот же
		75.62	4.8	–	Bosz, 1910

Таблица 161 (окончание)

Вид	Комментарий	Вода	Зола	Место сбора	Автор
<i>Littorina littorea</i>		73.3	4.60	–	Balland, 1898a
<i>Doris tuberculata</i>		88.36	2.63	Адриатич. море	Krukenberg, 1881–1882
<i>Doriopsis limbata</i>		86.5	1.14	–	
<i>Aplysia punctata</i>		84.46	–	Адриатич. море	Vialli, 1922
<i>Murex ramosus</i>		79.58	1.87	Филиппины	Etorma, 1928
<i>M. capucinus</i>		73.54	2.50	"	Тот же
<i>Meloaeithiopica var broderipii</i>		80.15	1.67	"	
<i>Ampullaria vittata</i>		80.43	4.10	"	"
<i>Fasciolaria trapezium</i>		76.14	2.08	"	"
<i>Nerita</i> sp.		84.10	1.80	"	"
<i>Buccinum undatum</i>		88.06	1.26	–	Weigelt, 1891
Cephalopoda					
<i>Octopus</i> sp.		76.90**	1.40	"	Griffiths, 1905
<i>Sepia officinalis</i>		77.20	1.30	"	Тот же
<i>Loligo vulgaris</i>		87.22	1.32	Северное море	Weigelt, 1891
<i>Sepia</i> sp. (?)		74.19	2.37	Филиппины	Etorma, 1928
<i>Loligo javanica</i>		70.0	0.90	"	Greshoff, 1903

* Вместе с полостной жидкостью.

** Главным образом мышечная ткань.

*** Maximum.

Таблица 162
Изменение содержания H₂O, золы и N в теле *Mytilus* по месяцам
(в % сухого вещества)

Месяц	H ₂ O	Зола	N
Январь	88.13	6.19	5.66
Апрель	87.64	2.81	10.09
Июль	88.18	4.60	8.20
Октябрь	–	5.30	9.26
Декабрь	90.29	5.28	8.16

О содержании воды в Mollusca после их промывания и т. п. обработки см. многочисленные определения у Hunter, Harrison (1928). Очень вероятно, что содержание воды в Mollusca изменяется в течение года по сезонам. Единственные наблюдения в этом направлении сделаны были Delff (1912) для *Mytilus edulis* (табл. 162).

Строгой закономерности здесь еще подметить нельзя. Ряд данных для разных месяцев можно найти у Atwater (1892); В. и М. Masumoto и Hibino (1932)⁵ изучали изменения в содержании воды, золы у одногодичных и двугодичных *Crassostrea gigas*. Однако эти изменения неясны. Из наблюдений Daniel (1920, 1921), наимень-

⁵ Они дают анализы для ♀ и ♂ Mollusca, также у Shimidzu (1929) – для двух видов *Crassostrea gigas* и *Ostrea denselamellosa*, причем в последней больше N и меньше золы.

шее содержание H₂O в теле *Mutilus edulis* приходится на август – октябрь – 82.4% и наибольшие количества содержатся в них весной, в период размножения – до 85.8 H₂O. Более детально, по месяцам, исследовали содержание H₂O (золы, растворимых солей) у *Ostrea edulis* Russell (1923) и Tully (1926) для других *Ostrea*, показавший, как видно из таблицы 163, некоторую закономерность в содержании H₂O у *Ostrea* в течение сезона. Наконец, из многочисленных данных Brand (1931), изучавшего состав тела *Helix pomatia*⁶ (H₂O, N, зола), следует та же правильность в содержании H₂O в течение года. Weigelt (1891) приводит данные о содержании воды, золы, сухого остатка и т. п. для Mollusca вместе с раковинами. При этом содержание воды в среднем понижается до 50%, а количество золы, соответственно, резко увеличивается. Раковины содержат очень небольшие количества воды, например, по определению Weigelt (1891), *Buccinum undatum* содержит 1.17%, а *Mytilus edulis* – 4.07% и т. д.⁷

Зная соотношение между весом раковины, тела и жидкостью полостей, можно из приведенных выше данных вычислить содержание воды в теле Mollusca. Соотношение между весом раковины, тела и т. п. определялось неоднократно [см., например, у Seuffert (1928), Griffiths]. На разных эмбриональных стадиях развития Mollusca содержание воды, золы и т. п. у них различно. Как мы увидим ниже, яйца Mollusca и других Invertebrata содержат значительно меньше воды, чем взрослые животные. В тканях очень молодых *Mytilus californiensis* Fox и Сое (1943) обнаружили 78% воды и 1.12% Са, в то время как в тканях старых представителей *Mytilus californiensis* они находили 83 и 0.2% соответственно. По мере развития яйца, образования личинок и т. д. количество воды растет; одновременно увеличивается и содержание золы. Происходит процесс извлечения развивающимися животными солей и воды из окружающей среды⁸.

Таблица 163
Изменение состава Mollusca в течение года
(H₂O, зола, N, в % сухого вещества)

Вид	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Автор
<i>Ostrea lurida</i>													
H ₂ O	–	80.9	–	81.5	79.9	–	–	80.97	–	80.40	–	81.36	Tully, 1936
	–	79.00	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Тот же
Зола	–	8.36	–	12.28	8.67	–	–	8.90	–	7.20	–	6.31	"
	–	6.35	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	"
N	–	7.9	–	7.28	9.26	–	–	6.91	–	7.92	–	8.11	"

⁶ Bellon (1909) находил у *Helix* в печени в октябре до 73% H₂O, в марте – 67,7%. См. Hesse, Burger (Cephalopoda как удобрение), а также Hatanaka (1940).

⁷ Определения воды, азота в пресноводных и наземных моллюсках известны у Bezold (1857) – *Arion empiricorum*, *Limax maximum*; у Meyer (1914) – *Planorhis corneus*, *Limnaeus stagnalis*, *Helix pomatia*, *Anodonta cygnea*; у Gend (1925) – *Dreissensia polymopra*, *Bythinia tet.*, *Physa fontinalis*, *Limnaeus stagnalis*, *L. auricularia*, *L. ovata*, *Paludina vivipara*; у Seuffert (1928) – *Anodonta*; то же у Griesbach (1891), Hessling (1859); у Krukenberg (1881–1882) – *Arion empiricorum* и *Limax maximum*; у Nusslein (1879) – *Arion*; у Braconnot (1846) – *Limax*; у Voit (1892) – *Helix pomatia*; см. также König (1903).

⁸ О скорости «фильтрация» воды Mollusca см. у Viallans (1892).

Таблица 163 (окончание)

Вид	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Автор
<i>Crassostrea virginica</i>													
H ₂ O	–	78.1	–	81.78	76.20	–	–	82.14	–	81.25	–	83.80	"
	–	81.66	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	"
Зола	–	7.22	–	7.29	8.17	–	–	12.66	–	6.99	–	8.38	"
	–	6.22	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	"
N	–	6.66	–	7.28	8.22	–	–	7.84	–	8.08	–	8.25	"
<i>Crassostrea gigas</i>													
H ₂ O	–	78.20	–	79.84	77.50	–	–	81.41	–	80.00	–	83.37	"
	–	79.89	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	"
Зола	–	8.66	–	7.62	6.87	–	–	7.80	–	5.78	–	8.42	"
	–	6.81	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	"
N	–	7.64	–	7.46	7.31	–	–	8.73	–	8.35	–	7.84	"
<i>Ostrea edulis</i> (Whitstable)													
H ₂ O	–	79.32	80.61	79.80	78.66	78.34	76.95	77.51	76.61	76.84	77.41	77.53	Russell, 1923
Зола (Bumham)	–	2.26	1.95	2.16	2.46	2.24	2.33	1.98	1.92	2.02	1.72	1.78	То же
H ₂ O	80.33	82.83	82.83	81.04	78.51	78.88	79.88	78.01	78.79	78.12	79.23	80.98	"
Зола (Mersea)	1.91	1.74	1.79	2.14	2.29	2.41	2.48	2.11	1.80	2.10	1.97	2.22	"
H ₂ O	81.21	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	"
	80.02	80.41	80.94	81.63	80.06	–	79.51	77.39	–	77.35	77.61	79.16	"
	79.84	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	"
Зола	1.86	2.03	1.94	2.03	1.86	–	2.28	2.24	–	1.76	1.82	2.03	"
	2.11	–	–	–N	–	–	–	–	–	–	–	–	"
	1.71	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	"

Таблица 164

Изменение содержания воды и золы в развивающихся яйцах Mollusca (в %)

Стадия развития	Вода	Зола в сухом веществе	Стадия развития	Вода	Зола в сухом веществе
Сегментация	52.5	2.2	" 15 "	62.5	3.3
Бластодерма	54.9	2.2	" 16 "	63.9	4.2
"	55.7	2.9	" 16 "	64.6	4.3
"	54.0	2.2	" 16 "	66.7	4.3
Стадия 13 (по Naef)	60.5	3.2	" 18 "	71.5	7.4
" 13 "	60.5	3.4	" 19 "	72.9	8.6
" 13 "	61.8	3.4	" 20 "	73.5	9.9
" 13 "	61.3	3.4	" 20 "	75.8	10.2

Таблица 165
Содержание воды в различных органах Mollusca (в %)

Вид	Мышцы, нога	Мантия	Печень	Яичник	Тестикула	Жабры	Авторы
<i>Patella vulgata</i>	76.4	79.2	71.2	67.5	75.0	–	Jones, McCance, Shackleton, 1935
<i>Pecten islandicus</i> *	89.3	95.15	70.0	86.36	87.90	–	Виноградов, 1930a
<i>Cardium edule</i> (10) * 206 экз.	83.67	83.40	81.60		79.66	82.52	Wang-Tai-Si, 1928

Таблица 166
Содержание воды, сухого вещества и золы в яйцах Mollusca (в %)

Вид	Вода	Сухое вещество	Зола на живое вещество	Автор
<i>Sepia officinalis</i>	52.70	46.24	1.04	Wetzel, 1907
	52.50	45.30	2.2	Ranzi, 1929
<i>Patella vulgata</i>	67.0	32.05	0.95	Fauré-Fremiet, Garrault, 1923
<i>Voluta brasiliensis</i>	74.52	21.40	4.08	Roffo, Correa, 1927
<i>Loligo hleekeri</i>	74.1	23.5	2.3	Kamachi, 1936

Ranzi (1929) наблюдал изменения, которые претерпевают развивающиеся яйца *Sepia officinalis*. Количество воды возрастает в полтора раза, а золы – в пять раз (табл. 164).

Stolf (1933) в эмбрионе *Loligo* нашел 44.2% H₂O, 47.5% золы. Tatsumi Kamachi (1936) дал определение H₂O (а также N, P и других химических элементов) в развивающихся яйцах *Loligo bleekeri* – отдельно в желтке (эмбрионе) и белке яйца (в % живого вещества):

Ткань	Время, дни	H ₂ O	Зола	N
Желток	1–5	74.1	2.3	3.55
	16–18	91.2	3.0	0.67
Белок	1–5	94.6	3.4	0.14
	16–18	96.6	2.1	0.14

Таблица 167
Содержание воды, азота и золы в Mollusca (в %)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Ash	N	Авторы
<i>Haliotis fulgens</i>	Половые органы	74.2	5.46	4.56	Albrecht, 1920–1921, 1923a, b
	Мышцы	70.9	3.42	3.61	Тот же
	Печень	68.9	5.79	1.86	"
<i>Haliotis tuberculata</i>		76.8	–	–	Simroth, 1904

Таблица 167 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Ash	N	Авторы
<i>Haliotis japonica</i>	4	78.80	1.03	–	Takeo Oya, Shimada, 1933
<i>Tivela stultorum</i>	Половые органы	65.4	4.22	3.04	Albrecht, 1920–1921, 1923a, b
	Мышцы	76.4	5.10	1.61	"
	Печень	68.3	5.93	3.43	"
<i>Cryptochiton</i> sp.	Половые органы	74.4	6.64	1.99	"
	Мышцы	75.1	3.52	3.55	"
	Печень	73.1	3.38	0.57	"
<i>Ischnochiton</i> sp.	Половые органы	79.20	7.52	2.00	"
	Мышцы	70.5	3.88	2.70	"
	Печень	70.8	9.12	2.35	"
<i>Ostrea edulis</i>	–	–	3.3	1.70*	El Saby, 1934
	–	78.17	2.09	1.80	Orton, 1924
	Август	81.41	1.45	1.82	Tully, 1936
	Февраль	79.89	1.36	1.60	Тот же
<i>Mytilus edulis</i>	–	87.49	1.45	1.29	Lazarevski, 1933
	–	81.30	–	1.73	Masters, McCance, 1939
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	–	–	2.5	1.92*	El Saby, 1934
<i>Mytilus</i> sp.**	3; р. Двина	86.8	0.9	1.36	Kut'in, 1939
	Черное море	82.8	1.3	1.87	Тот же
<i>Tapes decussatus</i>	–	–	2.3	1.63*	El Saby, 1934
<i>Sepia officinalis</i>	–	–	2.7	2.24*	Тот же
<i>Sepia</i> sp.	–	81.67	–	2.49	Okuda, 1912
<i>Octopus vulgaris</i>	–	–	1.6	1.60*	El Saby, 1934
<i>Buccinum undatum</i>	–	82.0***	–	–	Gowanloch, 1922–1926
	–	75.90	–	2.64	Masters, McCance, 1939
	Podium	73.2	–	–	McCance, Shackleton, 1937
	Гонады и печень	73.8	–	–	Те же
<i>Umbrella mediterranea</i>	–	96.0	–	–	Simroth, 1904
<i>Archidoris britannica</i>	Весь организм	83.1	–	1.0	McCance, Masters, 1937
	Mucus	96.0	3.20	0.048	"
	Visceral mass	72.0	3.30	1.66	"
	Весь организм	78.0	–	–	McCance, Shackleton, 1937
<i>Ashatina fulva</i>	Яйца	78.21	–	1.62	Shinogu Fukuda, 1939
<i>Meretrix meretrix</i>	2	76.27	1.51	–	Takeo, Oya, Shimada, 1933
<i>Ommatostrephes sloanipacificus</i>	2	77.63	1.20	–	Те же
<i>Cardium edulis</i>	–	65.70	–	1.60	Masters, McCance, 1939
<i>Pecten</i> (?) sp.	–	79.60	–	2.23	Те же
<i>Busycon</i> (?) sp.	–	75.10	–	1.72	Masters, McCance, 1939
<i>Helix pomatia</i>	15	82.30	2.21	1.78	Brand, 1931
<i>Littorina littorea</i>	Podium	69.5	–	–	McCance, Shackleton, 1937
	Половые органы и печень	64.0	–	–	То же
	Podium	70.0	–	–	"
	Гонады и печень	60.3	–	–	"

Таблица 167 (окончание)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Ash	N	Авторы
<i>Littorina neritoides</i>	Весь организм	61.0	–	–	McCance, Shackleton, 1937
<i>Littorina rudis</i>	Podium	67.8	–	–	Те же
	Гонады и печень	62.7	–	–	"
<i>Lacuna vineta</i>	Весь организм	69.5	–	–	"
<i>Patella vulgaris</i>	"	74.7	–	–	"
<i>Patella athletica</i>	"	79.2	–	–	"
<i>Calliostoma zizyphinum</i>	Podium	74.2	–	–	"
	Гонады и печень	73.4	–	–	"
<i>Necella lapillus</i>	Podium	69.5	–	–	"
	Гонады и печень	64.1	–	–	"
<i>Scaphander lignarius</i>	Весь организм	78.0	–	–	"
<i>Aplysia punctata</i>	"	86.0	–	–	"
<i>Aeolidia papillosa</i>	"	79.0	–	–	"
<i>Sphaerostoma hombergi</i>	"	89.0	–	–	"
<i>Jorunna tormentosa</i>	"	85.0	–	–	"
<i>Architeuthis dux steenstrupi</i>	Печень	69.2	2.74	3.14	Schmidt-Nielsen, Flood, 1926–1928
<i>Margaritana</i> sp.		87.25	1.82	1.03	Lazarevski, 1933

* По данным Института физиологии в Неаполе.

** P₂O₅ – 0.11%; SO₃ – 0.03%; Fe₂O₃ – 0.03%; K₂O₃ – 0.13%; Na₂O – 0.49%.

*** Максимум.

Видно резкое различие в содержании H₂O, а также и N в белке и желтке (эмбрионе). Fukuda (1934) обнаружил 1.62% N и 78.21% H₂O в яйцах *Achatina fulva*.

Остается еще сказать о распределении воды и золы в различных органах Mollusca. Соответственные данные приведены частично в таблице 166. О содержании воды в печени Mollusca см. у Barfurth (1883), Albrecht (1923в) и др. Для ткани мышц определения воды имеются у Griffiths, Atwater (1892) и многих др. Henze (1904, 1908а), например, нашел в разных органах *Octopus* – мускулах – 77.31% воды, в мускуле мантии – 77.04% воды, в hepatopancreas – 51.63% воды, в почках – 89.03% воды и т. д. [см. Weigelt (1891); Meigs (1915)]. Большое количество воды находится в жабрах и мантии⁹, а максимальное – в крови: от 90.0 до 96.69% [см. Schmidt (1845); Harless (1847); Schlossberger (1854–1856); Bert (1867); Boussignault (1872b); Frédéricq (1879); Voit (1892); Bottazzi (1908); Vialli (1922)]. Количество золы (солей) колеблется в крови Mollusca от 1.0 до 3.0%. Относительно меньше воды в мускулах – около 70–75%. Наименьшее же количество воды, как мы уже говорили, наблюдается в яйцах Mollusca (табл. 167).

Kumon (1932) находил у *Hemifusus tuba* в начальной стадии яиц (без скорлупы) 94.94% H₂O и 1.92% золы, в средней стадии – 94.91% H₂O и 3.42% золы, тогда как количество органического вещества на протяжении развития яйца не изменялось – 3.11; 3.08; 3.11% для соответствующих стадий. Количество золы (остатка от прокалывания) для взрослых Mollusca составляет в среднем около 2% на живой вес, или около 8–10% на сухой остаток (см. табл. 161).

⁹ Жидкость мантийной полости Lamellibranchiata содержит органические вещества [см. Виноградов (1927)], соли Ca, P, Cl [см. Seuffert (1928); Payen (1865)].

3. Содержание С, Н и N

Наибольшую массу сухого остатка тела Mollusca составляют белки (табл. 168, 169). *Littorina littorea* вместе с раковинной, по Brandt, Raben (1919–1922), содержала 7.86% С, 1.04% Н и 1.31% N на сухое вещество, а *Littorina rudis*, по анализу М. Неуструевой, вместе с раковинной содержала на живое вещество 4.35% С, 5.30% Н и 0.86% N. При соответствующем пересчете (на живое вещество) эти данные совпадают.

Определений азота в Mollusca довольно много. Многочисленны также определения характера соединений азота в тканях Mollusca¹⁰. Общее количество N в теле Mollusca напоминает его содержание в других Invertebrata (например, Porifera, Coelenterata), т. е. в среднем равно около 1.5–2% на живое вещество, или около 12% на сухое вещество. Это несколько меньше, чем среднее содержание N в тканях Vertebrata, например, рыб (среднее около 3.5% N в живом веществе и 15% N в сухом).

В дополнение к данным таблицы 169 можно еще указать ряд других анализов, приведенных Field (1922), Jones (1926), Carteni, Aloj (1934), Kamachi (1936) и Coulson, так же как Bradley (1907a) и Geng (1925) для пресноводных Mollusca. См. также таблицы 163 и 167. Порядок содержания N у большинства Mollusca один и тот же. Причины наблюдаемых колебаний могут быть выяснены лишь тогда, когда будут строго учитываться условия, при которых эти организмы берутся для исследования; систематических же определений N в них по сезонам и по возрастам нет. Интересны наблюдения Kumon (1933) над содержанием N в яйцах *Hemifusus tuba*: в начале развития внутреннее содержимое яйца имело 0.241%, а в конце развития яйца – 0.483% N (ср. с содержанием в них органического вещества). В скорлупе яйца было в начале развития 6.059% N, а в конце – 6.246% N. Автор считает, что скорлупа, таким образом, могла стать источником N для развивающегося яйца. В яйцах *Sepia officinalis* Wetzel (1907) нашел 10.7% N на сухое вещество.

В отдельных органах различных Mollusca содержание N подвержено колебаниям, что тоже, вероятно, связано с физиологическим состоянием Mollusca. У Albrecht (1920–1921, 1923b), Henze (1908a), Griffiths имеются определения N в мышцах и печени Mollusca. Ниже (см. табл. 170) приводим пример распределения N в различных органах Mollusca по Bradley (1907). Определения N Albrechta (1923a) в мужских и женских половых органах не показали каких-либо различий в их составе.

Таблица 168
Содержание С, Н и N в Mollusca (без раковин)* (в % сухого вещества)

Вид	С	Н	N	Авторы
<i>Mytilus edulis</i>	39.88	5.96	8.53	Brandt, Raben, 1919–1922
<i>Anodonta mutabilis</i>	41.13	5.85*	6.78	Meyer, 1914
<i>Limnaea stagnalis</i>	46.02	6.79	10.46	"
<i>Planorbis corneus</i>	44.25	6.18	11.55	"
<i>Helix pomatia</i>	42.2	6.33	8.22	"

* О содержании С, Н, N и S в кератиновых оболочках яиц Mollusca см. у Krukenberg (1881–1882), Engel (1890), Fürth (1903), а данные по определению изотопов ¹²C и ¹³C – у Nieri, Gulbransen (1939).

¹⁰ См. Truszkowski, Chajkinówna (1935), Souterbicq (1935), Tatsumi Kamachi (1936), Komoj и др. Wolf (1933) подробно изучал метаболизм азотистых веществ в *Helix pomatia* в разное время года.

Таблица 169
Содержание азота в теле Mollusca (в %)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Место сбора	Автор
Lamellibranchiata					
<i>Crassostrea virginica</i>	34	1.56	–	США	Atwater, 1892
<i>Crassostrea circumpecta</i>		1.08	–	Филиппины	Valensuela, 1928
<i>Crassostrea laperousii</i>		1.2	–	м. Басаргин, Тихий океан, СССР	Пентегов, Георгиевский, Ментов, 1928
<i>Crassostrea gigas</i>		1.12	–	Филиппины	Etorma, 1928
♀♀	Однолетний	1.54	–	Kasatsu, Япония	Masumoto, Masumoto, Hibino, 1932
♂♂		1.45	–	"	То же
♀♀		1.42	–	Jigozen, Япония	"
♂♂		1.17	–	–	"
♀♀	Двулетний	1.40	–	Kasatsu, Япония	"
♂♂		1.37	–	"	"
♀♀		1.13	–	Jigozen, Япония	"
♂♂		1.23	–	"	"
<i>Ostrea edulis</i>		0.8	–	–	König, 1903
		2.11	10.85	–	Payen, 1865
		1.87	7.81	–	Möbius, 1877
		1.58	8.27	–	Weigelt, 1891
		1.3	7.34	Остенде	Stutzer, 1882
		1.37	–	–	Balland, 1898a
		–	8.27	–	Sempolowski, 1889
		1.08	–	Филиппины	Valenzuela, 1928
<i>O. laperousii</i>		1.2	–	м. Басаргин, Тихий океан, СССР	Пентегов, Георгиевский, Ментов, 1928
<i>Mytilus edulis</i>		1.80	–	–	Balland, 1898a
	5	1.80	–	–	Payen, 1865
		–	9.36	Киль	Delff, 1912
		2.0	–	–	Atwater, 1892
		1.38	–	Северное море	Butenberg, Noel, 1918
		1.38	–	Балтийское море	Те же
<i>M. dunkeri</i>		0.46	–	Амурский залив, Тихий океан, СССР	Пентегов, Георгиевский, Ментов, 1928
<i>Cardium edule</i>		0.67	–	–	Balland, 1898a
<i>Pecten jacobaeus</i>		2.10	–	–	Тот же
<i>P. irradians</i>		2.36	–	США	Atwater, 1892
<i>Mya arenaria</i>		–	8.64	–	Buttenberg, 1911
		1.53	–	Филиппины	Valenzuela, 1928

Таблица 169 (окончание)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Место сбора	Автор
		–	11.79	Киль	Delff, 1912
		2.18	–	США	Atwater, 1892
		1.44	–	–	Langworthy, 1898
<i>Venus mercenaria</i>		2.67	–	США	Atwater, 1892
<i>Mastra solida (Turbo littoralis)</i>		2.49	–	–	Payen, 1865
<i>Pinna virgata</i>		1.81	–	Филиппины	Etorma, 1928
<i>Arca gronosa</i>		2.08	–	"	Тот же
<i>Arca granosa</i>		1.70	–	Филиппины	Etorma, 1928
<i>Circe gibba</i>		0.87	–	"	Тот же
<i>Tridacna cumingii</i>		1.90	–	"	"
<i>Tapes striatus</i>		0.98	–	"	"
<i>Cyrena gigantea</i>		1.38	–	"	"
<i>Tellina incerta</i>		0.68	–	"	"
Gastropoda					
<i>Littorina littorea</i>		1.78	–	–	Baland, 1898a
		0.76	–	Киль	Delff, 1912
<i>Smiromhus canarium</i>		–	9.02	Филиппины	Etorma, 1928
<i>Melo aethiopica var. broderipii</i>		1.40	–	"	Тот же
<i>Ampullaria vittata</i>		1.28	–	"	"
<i>Fasciolaria trapezium</i>		2.16	–	"	"
<i>Murex ramosus</i>		2.71	–	"	"
<i>M. capucinus</i>		1.36	–	"	"
<i>Cerithium vertagus</i>		1.35	–	"	"
<i>C. sp. (?)</i>		1.73	–	"	"
<i>Nerita</i>		1.02	–	"	"
Cephalopoda					
<i>Loligo vulgaris</i>		1.44	11.29	–	Weigelt, 1891
<i>L. javanica</i>		4.06	13.6	–	Тот же
<i>Octopus ocellatus</i>	Яичник	–	12.52	–	Kawai, 1928

Таблица 170

Распределение N в разных органах *Anodonta sp.* (в % сухого вещества)

Орган	N
Мускулы	11.48
Яйца	10.37
Желудок	6.1
Почки (нефридиальные органы)	7.58
Жабры	6.32
Мантия	5.45
Печень	5.56

Shimidzu (1929), как мы уже указывали, обращал внимание на некоторые различия в содержании N у разных видов *Ostrea*. Весьма подробно изучено содержание N в крови Mollusca Myers (1920). Общее количество его здесь около 0.1% (у рыб – 0.8%). Bottazzi (1908) нашел очень мало белкового N в крови (в гемолимфе) морских червей, Echinodermata и Mollusca, за исключением Cephalopoda, у которых содержание белкового N превышает содержание такового у рыб [1.7%, см. Collip (1920)]. В свою очередь, Baglioni (1907) показал, что так называемого остаточного N (экстрактивного, небелкового) в жидкостях тел Invertebrata (сыворотка, моча), в том числе и у Cephalopoda, очень мало, выше у рыб Teleostae и значительно больше у Selachii и т. д.

Раковины Mollusca содержат N (азот конхиолина), например, в *Ostrea edulis* найдено [по Sempolowsky и др. (1889)] 0.46% N на свежую раковину и т. п.

4. Содержание Na, K, Ca, Mg, P, S, Cl и Si

Качественные наблюдения о содержании в теле Mollusca Ca, P, Na, Cl относятся к концу XVIII в. [см. у John (1814)]; и только в 50-х гг. прошлого (XIX. – Прим. ред.) столетия появляются далеко неполные количественные анализы Mollusca, принадлежащие Bezold (1857), Berthier (наземные виды Mollusca). Для морских Mollusca более или менее полных анализов вообще не было известно, за исключением данных Weigelt (1891), Sempolowski (1889) и немногих других, относящихся уже к нашему времени. Мы имеем в виду анализы Mollusca целиком, мягких частей тела, без раковин. Известный в этом отношении материал недостаточен. Он не может быть использован нами для каких-либо сопоставлений в целях выяснения состава отдельных видов Mollusca.

Хотя, как мы сейчас увидим, по отношению к химическим элементам – P, S и отчасти Mg – многими авторами делались попытки выяснить их распределение в органах и тканях Mollusca по сравнению с содержанием в тканях у других Invertebrata. С этой целью были произведены, например, сериальные определения фосфора во многих видах Mollusca и других беспозвоночных Riesser, Hansen (1933), Riesser (1928), Manning (1934) и др. В таблицах 171, 172 приводятся данные о составе мягких частей Mollusca. У Brandt, Raben (1919–1922) – для *Littorina littorea*; Weigelt (1891) – для *Buccinum undatum*, *Mytilus edulis*; König (1903) – для *Ostrea edulis*. У Atwater (1892), Atwater, Bryant (1899) имеются, кроме того, определения химического элементарного состава Mollusca, взятых в анализ вместе с раковиной.

Некоторые органы Mollusca были исследованы более полно (табл. 173). Ниже частично приведены результаты анализов, сюда относящиеся. Там же даны и анализы яиц Mollusca. Что касается состава крови Mollusca в смысле содержания Na, K, Ca, Mg и других элементов, нам представляется более целесообразным рассмотреть его позднее, вместе с составом крови других Invertebrata (см. гл. XIX).

Таблица 171
Химический элементарный состав Mollusca (мягкие части целиком)
(в % сухого вещества)

Вид	Зола	K ₂ O	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Cl	Автор
<i>Ostrea edulis</i>	10.90	1.51	0.58	–	1.94	–	–	–	Sempolowski, 1889
	10.90	1.51	0.57	–	1.94	–	–	–	Weigelt, 1891
	(см. табл. 173)				–	–	–	–	McCance, Shipp. 1933

Таблица 171 (окончание)

Вид	Зола	K ₂ O	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Cl	Автор
<i>Mytilus edulis</i> *	5.30	–	2.09	–	1.49	0.37	–	–	Delff, 1912
	20.24	–	0.64	–	2.25	0.49	6.60**	4.47	Brandt и Raben, 1919–1922
	(см. табл. 173)				–	–	–	–	McCance, Shipp, 1933
<i>Mya arenaria</i>	8.56	–	1.79	–	2.59	1.75	–	–	Delff, 1912
<i>Anodonta mutabilis</i> (пресноводная)	15.98	–	5.89	–	5.87	0.74	0.29	0.35***	Meyer, 1914
<i>Littorina littorea</i>	8.58	1.50	3.65	–	1.35	0.3	–	–	Delff, 1912
<i>Buccinum undatum</i>	10.55	1.95	0.50	–	1.42	–	–	–	Weigelt, 1891
<i>Limax agrestis</i>	–	–	10.19	1.49	2.32	0.32	0.06	0.58	Berthier, 1846
<i>Limnaea stagnalis</i> .	12.18	–	3.42	–	2.23	0.48	1.17	1.03	Meyer, 1914
<i>Planorbis corneus</i>	15.11	–	5.31	–	1.59	0.34	4.14	0.91	То же
<i>Helix pomatia</i>	16.29	–	8.38	–	1.77	0.14	0.22	0.70	"
<i>Loligo vulgaris</i>	10.32	1.22	0.45	–	1.50	–	–	–	Weigelt, 1891

* Сбор в октябре.

** Нерастворимый остаток.

*** NaCl.

Таблица 172
Химический элементарный состав Mollusca (в % живого вещества)

Вид	K	Na	Ca	Mg	P	S	Cl	Fe	Si	Зола	Место сбора	Автор
Gastropoda												
<i>Arbidoris britannica</i> (тело)	0.136	0.560	2.000	0.930	0.126	0.042	0.953	0.0013	—	—	Плимут, Англия	McCance, Masters, 1937
(слизь)	0.051	0.975	0.053	0.136	Следы	—	1.740	—	—	3.200	Англия	Те же
(внутренности)	0.505	0.348	0.190	0.115	0.877	0.185	1.000	0.042	—	3.300	"	"
<i>Littorina littorea</i> (нога)	0.425	0.688	0.821	0.456	—	—	—	0.0258	—	—	"	"
(гонады и печень)	0.425	0.702	0.913	0.519	—	—	—	0.0256	—	—	"	"
<i>L. littoralis</i> (нога)	0.654	0.420	1.480	0.150	—	—	—	0.0094	—	—	"	"
(гонады и печень)	0.778	0.471	4.350	0.256	—	—	—	0.0152	—	—	"	"
<i>L. neritoides</i>	0.737	0.429	4.500	0.332	—	—	—	0.0265	—	—	"	"
<i>L. rudis</i> (нога)	1.000	0.536	1.285	0.256	—	—	—	0.0156	—	—	"	"
(гонады и печень)	0.728	0.695	3.700	0.342	—	—	—	0.0375	—	—	"	"
<i>Lacuna vineta</i>	1.110	0.724	0.472	0.127	—	—	—	0.0141	—	—	"	"
<i>Patella vulgata</i>	0.445	0.466	0.334	0.0668	—	—	—	0.034	—	—	"	"
<i>P. athletica</i> (без радулы)	0.213	0.432	0.348	0.0841	—	—	—	0.0153	—	—	"	"
<i>Calliostoma zigurhinum</i> (нога)	0.383	0.678	0.278	0.090	—	—	—	0.0198	—	—	Плимут, Англия	McCance, Shackleton, 1937
(гонады и печень)	0.343	0.755	0.362	0.130	—	—	—	0.1110	—	—	То же	Те же
<i>Vuccinum undatum</i> (нога)	0.413	0.431	0.075	0.114	—	—	—	0.0025	—	—	"	"
(гонады и печень)	0.810	0.774	0.201	0.100	—	—	—	0.012	—	—	"	"
<i>Nucella lapillus</i> (нога)	0.288	0.418	0.483	0.230	—	—	—	0.0075	—	—	"	"
(гонады и печень)	0.217	0.548	0.378	0.208	—	—	—	0.012	—	—	"	"
<i>Scaphander lignarius</i>	0.450	0.565	0.316	0.282	—	—	—	0.0066	—	—	"	"
<i>Aplysia punctata</i> (без радулы)	0.240	0.635	0.115	0.114	—	—	—	0.0104	—	—	"	"
<i>Aeolidia papillosa</i>	—	—	0.062	0.060	—	—	—	0.0125	—	—	"	"
<i>Sphaerostoma hombergii</i>	—	—	0.081	0.127	—	—	—	0.0028	—	—	"	"
<i>Jorinna tormentosa</i>	0.240	0.450	0.580	0.620	—	—	—	0.0157	—	—	"	"

Таблица 172 (окончание)

Вид	К	Na	Ca	Mg	P	S	Cl	Fe	Si	Зола	Место сбора	Автор
<i>Archidoris britannica</i>	0.368	0.778	2.460	1.580	—	—	—	0.00857	—	—	"	"
<i>Achatina fulva</i> (яйцо)	0.031	0.0134	0.925	0.0136	0.110	0.0118	0.0556	—	0.1544	—	Япония	Fukuda, 1939
<i>Crassostrea commercialis</i> (мягк.)	0.57	0.16	0.09	0.05	0.15	—	—	0.005	—	2.3	Австралия	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Pecten fumatus</i>	0.34	0.20	0.04	0.02	0.26	—	—	0.001	—	1.8	"	Те же
<i>Mytilus edulis</i>	0.38	0.08	0.03	0.02	0.17	—	—	0.001	—	1.6	"	"
<i>Ostrea virginica</i>	—	—	0.0579	0.032	0.1121	—	—	0.0061	—	—	Вост. поб. США	Nilson, Coulson, 1939
<i>O. lurida</i>	—	—	0.0632	0.024	0.3154	—	—	0.0049	—	—	Тихоок. побережье	Те же
<i>O. gigas</i>	—	—	0.0628	0.048	0.192	—	—	0.0075	—	—	США	"
<i>Loligo bleekeri</i> (яйцо, эмбрион 1–5 дней) (То же, 16–18 дней)	—	—	0.134	0.10	0.232	0.021	0.62	0.61	—	—	"	Kamachi, 1936
<i>Loligo bleekeri</i> яйцо, белок (1–5 дней) (16–18 дней)	—	—	0.092	0.140	Следы	0.071	1.58	0.282	—	—	"	Тот же
	—	—	0.042	0.078	Следы	0.060	0.98	0.99	—	—	"	"

Таблица 173
Химический элементарный состав отдельных органов Mollusca
(в % живого вещества)

Вид	Зола	Na	K	Ca	Mg	P	S	Fe	Cl	Авторы
<i>Cardium edule</i>										
нога	–	0.51	0.305	0.041	0.093	–	–	0.0155	–	McCance, Shipp, 1993
мантия	–	0.61	0.18	0.180	0.117	–	–	0.0175	–	Те же
мускул (2) *	–	0.388	0.269	0.078	0.090	–	–	0.005	–	"
кишечник и печень	–	0.241	0.302	0.145	0.094	–	–	0.081	–	"
<i>Pecten maximus</i>										
нога	1.38	–	–	–	–	0.21	0.24	–	–	Taylor, 1925b
нога	–	0.612	0.148	0.052	0.104	–	–	0.0009	–	McCance, Shipp, 1933
мантия	–	0.742	0.387	0.026	0.063	–	–	0.0018	–	Те же
мускул	–	0.424	0.283	0.038	0.078	–	–	0.0058	–	"
гонады	–	0.566	0.143	0.054	0.111	–	–	0.0017	–	"
жабры	–	0.726	0.262	0.118	0.080	–	–	0.0112	–	"
кишечник	–	0.351	0.305	0.041	0.093	–	–	0.0155	–	"
<i>Littorina littoralis</i>										
нога	–	0.425	0.375	0.265	0.346	–	–	0.0178	–	"
мантия	–	0.415	0.277	1.266	0.304	–	–	0.0187	–	"
гонады	–	0.342	0.390	0.168	0.460	–	–	0.0288	–	"
кишечник и печень	–	0.438	0.473	0.550	0.507	–	–	0.0336	–	"
<i>Haliotis</i> sp.										
мускул	–	–	–	0.2	0.2	–	–	–	–	Albrecht, 1920–1921, 1923b
печень	–	–	–	0.6	0.8	–	–	–	–	Тот же
<i>Tivella stultorum</i>										
мускул	–	–	–	0.8	0.4	–	–	–	–	"
печень	–	–	–	0.6	0.1	–	–	–	–	"
<i>Cryptochiton</i> sp.										
мускул	–	–	–	0.4	0.4	–	–	–	–	"
печень	–	–	–	1.0	0.2	–	–	–	–	"
<i>Ischnochiton conspicuus</i>										
мускул	–	–	–	1.0	0.3	–	–	–	–	"
печень	–	–	–	1.3	0.2	–	–	–	–	"
<i>Lottia gigantea</i>										
мускул	–	–	–	0.4	0.4	–	–	–	–	"
печень	–	–	–	–	–	–	–	–	–	"
<i>Limax agrestis</i>	3.1	0.072	0.26	1.26	0.01	0.301	0.033	0.013	0.078	Bezold, 1857
<i>Mytilus edulis</i> мускул	2.4	0.144	0.906	0.013	0.070	0.360	0.010	0.005	0.110	Griffiths, 1905
<i>Mya arenaria</i>										
мускул	1.2	0.031	0.470	0.007	0.037	0.179	0.005	0.003	0.055	Тот же
<i>Anodonta</i>										
мускул	1.8	0.110	0.677	0.115	0.054	0.267	0.008	0.004	0.083	"

Таблица 173 (окончание)

Вид	Зола	Na	K	Ca	Mg	P	S	Fe	Cl	Авторы
<i>Ostopus</i>										
мускул	1.4	0.080	0.558	0.008	0.034	0.197	0.006	0.005	0.073	"
<i>Sepia officinalis</i>										
мускул	1.3	0.060	0.526	0.006	0.031	0.219	0.005	0.005	0.065	"
яйца	–	0.009	0.034	0.012	0.007	0.337	–	–	1.71	Bialaszewicz, 1928
<i>Hemifusus tuba</i>										
яйца										
начальная стадия	1.92	0.7165	0.046	0.0111	0.053	0.0174	0.0264	–	1.003	Kumon, 1933
средняя стадия	2.01	0.691	0.028	0.029	0.057	0.019	0.047	–	1.033	Тот же
конечная стадия	3.42	0.688	0.048	0.302	0.058	0.024	0.056	–	0.9178	"
<i>Voluta brasiliensis</i>										
яйца	4.08	1.340	–	0.054	–	–	0.087	–	2.07	Roffo, Correa, 1927
<i>Venys mercenaria</i>										
мускул	1.46	0.205	0.311	0.038	0.048	0.153	0.225	0	0.000	Meigs, 1915
<i>Mytilus edulis</i>										
	–	0.290	1.315	0.090	0.023	–	–	0.0058	–	McCance, Shipp, 1933
	2.22	–	–	–	–	0.17	0.43	–	–	Taylor, 1925b
<i>Ostrea edulis</i>										
	–	0.650	0.258	0.185	0.041	–	–	0.006	–	McCance, Shipp, 1933
<i>Crassostrea virginica</i>										
	2.76	–	–	–	–	0.13	0.33	–	–	Taylor, 1925b
	1.7	–	–	0.089	0.246	0.112	0.315	0.0012	–	Coulson, 1935a
<i>Patella vulgaris</i>										
яичник	–	0.36	0.273	0.057	0.070	–	–	0.014	–	Jones, McCance, Shackleton, 1935
тестикула	–	0.448	0.326	0.129	0.072	–	–	0.006	–	Те же
мантия	–	0.562	0.340	4.097	0.097	–	–	0.046	–	"
нога	–	0.416	0.243	0.104	0.076	–	–	0.069	–	"
печень	–	0.466	0.888	0.346	0.108	–	–	0.051	–	"

5. Содержание Na и K

Соли Na и K вместе составляют большую часть (растворимую) зольного остатка мягких частей Mollusca. Отношение Na/K в теле Mollusca и в отдельных органах недостаточно установлено. С одной стороны, существует утверждение, что N (или NaCl) преобладает в тканях этих организмов [см., например, анализы Kumon (1922)]; с другой стороны, допускают, что K имеет значительный перевес в тканях Mollusca над Na, т. е. аналогично тому, что мы знаем для наземных животных.

Сравним, например, данные Bialaszewicz (1926) для *ovoplasma Sepia* с данными для трех стадий яиц *Hemifusus tuba* у Kumano (1929). При этом надо отметить, что яйца *Sepia officinalis* среди анализов Bialaszewicz представляют собой исключение в смысле малого содержания K, так как яйца других Invertebrata и рыб, исследованных им, содержали его в несколько раз больше. Расхождение в содержании Na и K, по разным авторам, можно отметить и для мышц Mollusca, где, например, McCance,

Shipp (1933) нашли $Na/K = 1$ или меньше, тогда как чаще указывают на преобладание К. Основная причина несоответствия – различные приемы подготовки материала, а иногда и своеобразные приемы пересчета данных. Высокое содержание Na обуславливается прежде всего высоким содержанием его в жидкостях организмов, поэтому, например, McCance, Shipp (1933) заметили, что, чем больше воды в теле *Mollusca* или в их органах, тем более и Na в них¹¹. Яйца *Mollusca*, содержащие, как правило, относительно мало воды, имеют и меньше Na (при общем малом содержании золы). Поэтому следует считать, что количество К сравнительно с его содержанием в морской воде, в жидкостях организма (крови) и особенно в органах *Mollusca* резко повышено¹², отношение Na/K в них становится <1 .

Мы не знаем в данное время каких-либо определений К и Na, за исключением результатов Singh (1938) и Webb (1937). Данные последнего следует рассматривать как предварительные, так как используемые им спектральные методы анализа недостаточно точны для определения этих элементов при больших количествах. Singh (1938) обнаружил 0.14% К и 0.38% Na в свежей мышечной ткани *Mytilus edulis*.

6. Содержание Ca и Mg

Mollusca, имеющие раковины, совершают огромную работу по концентрации Ca. В свое время Bischoff (1847) и многие другие подсчитывали, что, например, одна *Ostrea edulis* (средний вес ее раковины достигает 150 г) для того, чтобы построить раковину, должна профильтровать тысячи литров морской воды. В мягких частях *Mollusca* содержание Ca, судя по большинству анализов (не всегда безупречных), преобладает¹³ над Mg. При этом многими замечены значительные колебания Ca в тканях *Mollusca*. Содержание же Mg более постоянно [см. табл. 173, 174, помимо того, у Kumano (1929), Takamatsu (1936), Collip (1920)]. Колебаниям Ca можно найти некоторое объяснение. Печень *Mollusca* является местом, откуда Ca мобилизуется в случае усиленного роста или образования новой раковинки и т. п. [см. у Varfurth (1883), Herdmann и Boyce (1900), Weigelt (1899), Dotterweich (1933)]. Печень составляет значительную часть тела *Mollusca*. Поэтому в зависимости от запасов Ca в печени изменяется и общее количество Ca в их теле. Collip (1920) приводит опыты, которые также объясняют колебания в содержании Ca. В целомической жидкости *Mya arenaria*, *Cardium corbis* содержание Ca увеличивалось во много раз в зависимости от того, как долго эти *Mollusca* лежали на воздухе. Содержание же Mg либо вовсе не изменялось, либо изменялось мало.

Поэтому несколько различное содержание Ca в теле и органах *Mollusca* не является обязательно типичным для данного вида, тогда как различия в содержании Mg могут, по-видимому, служить своеобразным признаком вида. С подобным случаем мы встречаемся у McCance и Shipp (1933); они, например, нашли, что *Littorina littorea* содержит Mg примерно в 3 раза больше, чем все другие *Mollusca*. Характерно ли это для *Littorina*, могут показать лишь новые дополнительные наблюдения.

В отдельных органах *Mollusca* отношение Ca/Mg различно. Мышцы (см. табл. 173, 174) почти без исключения показывают преобладание Mg [см. анализы Griffiths,

¹¹ См. состав перикардиальной, целомической и т. п. жидкостей, крови по сравнению с составом морской воды у Griffiths (1905), Myers (1920), Bialaszewicz (1926) и др.

¹² Но, по Kumon (1933), в яйцах *Hemifusus* главную массу солей составлял NaCl. Интересно, что одновременно яйца содержали много воды – до 95%. См. также данные у Kamachi (1936).

¹³ Напомним, что мышцы высших животных и рыб содержат больше Mg, чем Ca, за немногими исключениями.

Albrecht (1923b), McCance, Shipp (1939) и др.]¹⁴. Та же картина и для яиц Mollusca. Во время развития яйца количество Mg почти не изменяется, увеличивается содержание Ca и вследствие этого изменяется отношение Ca/Mg. Напротив, печень, кишечник, отчасти мантия и жабры показывают более высокие содержания Ca и отношение в них Ca/Mg > 1. Всегда больше Ca, чем Mg, в крови Mollusca. Кровь *Mutilus edulis* и других Mollusca содержит количество Ca и Mg, близкое к их содержанию в морской воде. Ca в Mollusca находится, помимо ионного состояния, в виде аморфного карбоната (в печени) и в виде Ca-органических соединений. Pora (1936e) указывает на более постоянные различия в содержании Ca, K и других элементов в крови ♂♂ и ♀♀ Mollusca, чем, например, у Echinodermata. Достаточно подробный анализ всего организма, мышц и внутренних органов *Archidoris britanica* находим в работах McCance, Masters (1937) (см. табл. 172). McCance, Shekleton по содержанию Mg в теле Mollusca различают три группы: первая содержит Mg меньше, чем в окружающей среде (*Aeolidia*, *Mytilus*, *Ostrea*); вторая группа – *Pecten maximus*, *Cardium edule*, *Buccinum undatum*, *Aplysia*, *Sphaerostoma*, не концентрирующих Mg выше его содержания в морской воде; и, наконец, 3-я группа – *Archidoris*, *Jorunna*, *Littorina*, вероятно, и многие другие, концентрирующие Mg выше его содержания в морской воде. В подкожных тканях *Archidoris* после обработки их кислотой образуются пустоты от растворяющихся минеральных частей (спикул?) аморфного CaCO₃¹⁵.

При нарушении целостности раковины – на пополнение этого дефекта CaCO₃, например, у *Helix pomatia* Ca мобилизуется из печени и, как думает Sioli (1934), также и из почек, которыми он выделяется [см. Dotterweich, Eltzner (1935) у *Anadonta*]. Причем, по мнению Sioli, Ca уходит в кровь с белками, а P₂O₅ (с которым он связан частично в печени) остается и фиксируется органическими веществами в печени. Все названные выше авторы приводят аналогичный материал для пресноводных Mollusca по содержанию Ca, золь P₂O₅ в разных их органах.

7. Содержание P, S и Cl

Содержание фосфора в тканях Mollusca, как известно, высокое, обычно P₂O₅ составляет от 1/3 до 1/2 зольного остатка тканей, или, например, около 1% P в сухом веществе, или 0.2% P в живом веществе. Благодаря неправильностям, допущенным в разных анализах, о содержании S в Mollusca сложились неверные представления¹⁶. Серы в Mollusca в целом содержится не меньше, чем фосфора. В некоторых органах и тканях этих беспозвоночных содержание S иногда значительно превышает содержание P. Приведем еще некоторые данные для P и S в тканях и органах Mollusca дополнительно к тем, которые прежде были приведены в таблицах 172 и 173.

Весьма детально занимался распределением P в тканях Mollusca Riesser (1928). На основании своих определений он полагает, что содержание различных форм соединений P в мускулах (например, у Gastropoda) подчинено известной закономерности, связанной с филогенетическими рядами (табл. 175).

Sioli (1934), изучающий P в различных органах *Helix*, обнаружил максимальные его количества в печени. Suzuki и др. (1912) обнаружили 2.85% P в сухом веществе цефалопод *Ommatostrephes*. Следы фосфора присутствуют в яйцах белых Cephalopoda; более детально распределение этого элемента в различных частях развивающихся яиц и эмбрионов *Sepia* дано в работах Needham (1931) и др.

¹⁴ Ср. содержание Mg в крови Invertebrata (см. гл. XIX).

¹⁵ Odum (1951b) утверждал, что спикулы *Archidoris* состоят из аморфного CaCO₃.

¹⁶ Определения S в золе см. у Griffiths; данные низкие.

Meyerhof (1911), Eggleton, Eggleton (1928), Needham и его сотрудники (1932a, b), Baldwin (1933), Suzuki¹⁷, Крепс и многие другие изучали формы соединений, в которых P находится в тканях Mollusca и других Invertebrata. В частности, с филогенетической точки зрения, выяснился вопрос, вызвавший к себе большой интерес: о распределении аргининфосфорной и креатинфосфорной кислот в тканях животных. Многочисленные наблюдения показывают, что креатинфосфорная кислота по преимуществу находится в тканях (мышцах) позвоночных, а аргининфосфорная – в тканях беспозвоночных животных. Ряд отдельных определений фосфора в тканях и органах Mollusca можно указать еще у Drost (1886), Wetzel (1907), Balland (1898a), Duval (1925).

Таблица 174
Химический элементарный состав Mollusca (в % сухого вещества)

Вид	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Зола	Место сбора	Автор
<i>Haliotis fulgens</i> гонады	0.48	0.32	–	0.47	1.71	–	–	Albrecht, 1923a*
<i>Tivela stultorum</i>	0.63	0.47	–	0.66	2.16	–	–	Тот же
<i>Cryptochiton</i> sp.	1.08	0.32	–	2.56	1.92	–	–	"
<i>Ischnochiton</i> sp.	1.00	0.30	–	1.2	1.55	–	–	"
<i>Octopus</i> sp.	0.1683	0.5297	–	–	–	–	–	Takamatsu, 1936
<i>Haliotis</i> sp.	0.1079	0.3259	–	–	–	–	–	Тот же
<i>Helix</i> sp.	1.3202	2.7673	–	–	–	–	–	"
<i>Venus</i>	0.7819	0.3988	–	–	–	–	–	"
<i>Helix pomatia</i>								
печень	1.476**	–	5.06	–	–	16.12	–	Sioli, 1934
почки	–	–	1.16	–	–	7.425	–	Тот же
мантия	–	–	0.706	–	–	24.67	–	"
нога	5.14**	–	–	–	–	–	–	"

* Обращает внимание резкое отличие данных Albrecht (1920–1923) от других авторов.

** В виде Са.

Таблица 175
Содержание P и S в теле Mollusca (в %)

Вид	P		S		Автор
	живое вещество	сухое вещество	живое вещество	сухое вещество	
Gastropoda					
<i>Pecten irradians</i>	0.2064	1.0576	0.236	0.996	Atwater, 1892
<i>P. jacobaeus</i>	–	–	0.0963	1.7099s	Silberstein, 1934
<i>Mya arenaria</i>	0.2064	1.0105	0.224	1.1000	Atwater, 1892
<i>Venus mercenaria</i>	0.1720	0.7998	0.3560	1.6440	Тот же

¹⁷ Suzuki (1934) работал с *Octopus octopodia*.

Таблица 175 (окончание)

Вид	P		S		Автор
	живое вещество	сухое вещество	живое вещество	сухое вещество	
<i>Crassostrea virginica</i>	0.1333	0.7095	0.3200	1.4000	"
<i>Ostrea edulis</i>	–	–	0.2619	1.8912	Silberstein, 1934
<i>Cardium edule</i>	0.125	0.582	–	–	Javillier, Crémieu, 1928
<i>Loligo</i> sp. (мускул)	0.1453	–	–	–	Riesser, Hansen, 1933
<i>Sepia officinalis</i>	0.1432	–	–	–	Те же
<i>Octopus</i> sp.	0.1096	–	–	–	"
<i>Cardium edule</i>	0.0473	–	–	–	"
<i>Haliotis</i> sp.	0.0460	–	–	–	"
<i>Murex</i> sp.	0.254	–	–	–	"
<i>Pinna</i> sp.*	0.0325	–	–	–	"
<i>Sepia</i> sp.	–	–	0.3855	2.1865	Silberstein, 1934
<i>Mytilus edulis</i>	–	–	0.2378	1.6879	Тот же
<i>Hekix</i> sp.	–	–	0.1397	0.7197	"
<i>Octopus ocellatus</i>	–	0.67	–	1.60	Kowai, 1928

*Среднее.

Серы в Mollusca около 0.4% на живое вещество, или около 1% на сухое вещество. Распределение S и ее соединений в тканях Mollusca не изучено в такой степени, как это сделано для P. S находится в Mollusca в виде S-белков, затем разнообразных органических соединений (особенно таурина) и, наконец, в виде SO₄.

Masters, McCance (1939) обнаружили следующие количества серы в Mollusca (в % свежего вещества):

<i>Cardium edule</i>	0.286	<i>Buccinum undatum</i>	0.401
<i>Mytilus edulis</i>	0.326	<i>Busycon</i> sp.	0.265
<i>Pecten</i> sp.	0.342		

Отношение N/S близко к 7, в то время как у позвоночных оно около 14.

Указания на значительное содержание S, в частности, в морских видах Mollusca известно давно. Figuiet (1840) обратил внимание на присутствие S в органических соединениях из тканей Helicidae. Valenciennes, Frémy (1855b) вскоре показали, что, например, в мускулах Mollusca, особенно Cephalopoda, находится много таурина (C₂H₄NH₂HSO₃). Frédéricq (1878a), Krukenberg (1881–1882) выделили его из тела Cephalopoda и других Mollusca. Schmidt (1845); Kelly (1904); Mendel (1904); Henze (1904); Jansen (1913, 1914); Daniel (1920, 1921); Daniel, Doran (1926); Morizawa (1926); Suzuki (1934) и многие другие подтвердили широкое распространение таурина в тканях Mollusca. Между содержанием таурина (и вообще органической серы) и всей серой организма, как видно из таблиц 173 и 175, существует прямая зависимость. Наибольшее содержание серы отмечается для Cephalopoda, именно для их мышечной ткани и т. д. Из других форм органической серы Berkeley (1922a) и другие указывают на содержание ее в хондрине кристаллического стилета (придаток желудка) *Schizotherus nuttalli*, *Saxodomus gigantus* и других Mollusca. Своеобразный случай концентрации серы представляет собой нахождение свободной

серной кислоты в пищевых железах некоторых Gastropoda. Bödeker (см. Troschel, 1854), проанализировав секрет подобной железы *Dolium galea* из Средиземного моря, предоставленной ему Troschel, нашел 2.7% свободной H_2SO_4 . Preyer (1866) в подобном же секрете нашел 4.88% H_2SO_4 . DeLuca, Panceri (1867a, b), а затем Panceri (1869) нашли там же от 3.3 до 4.5% H_2SO_4 , но Maly (1880) нашел 0.98% H_2SO_4 . У многих других Mollusca содержимое пищевых желез имеет резко кислую реакцию. Однако, чем обусловлена эта кислотность, не всегда точно установлено¹⁸.

Непосредственных определений Cl в Mollusca немного. В их тканях хлора содержится от 0.2 до 0.7% на живой вес. Многие предпочитают выражать содержание Cl в виде NaCl. Особенно много подобного рода определений для крови и других жидкостей Mollusca было сделано в связи с изучением осмотического режима тканей различных морских беспозвоночных [см. Frédéricq (1884); Thomas (1929); Duval (1925); Krukenberg (1881–1882) и др.]. Кстати скажем, что содержание Cl в крови *Patella*, *Mytilus* и других также близко к его содержанию в море.

Например, Myers (1920) нашел в крови (в г/л):

	Сол. остаток	CaO	NaCl
<i>Saxidomus nutalli</i>	28.0	3.07	—
<i>Schizoteres nutalli</i>	32.9	1.93	31.9
<i>Cryptochiton stollen</i>	—	0.66	30.9
<i>Haliotis rufescens</i>	23.7	0.74	31.3

Cl значительно меньше в органах и других тканях. При этом с разбавлением среды и с уменьшением содержания Cl количество Cl в крови (и мускулах) Mollusca соответственно падает (см. также табл. 172).

8. Содержание Si

На основании многочисленных анализов (см., например, табл. 171) можно смело утверждать, что Si в органах Mollusca находится в очень небольших количествах. Его мало, как мы увидим ниже, и в раковинах Mollusca, почти на 99% состоящих из $CaCO_3$. Turek (1933), который также приводит данные по органическому веществу, N и H_2O в раковинах Mollusca, обнаружил в среднем от 0.1 до 0.2% SiO_2 . Но можно вполне допустить, что поскольку существующие наблюдения немногочисленны и охватывают далеко не все виды Mollusca, то в дальнейшем могут быть открыты совершенно новые факты. Интересно поэтому отметить, например, повышение содержания Si в яйцах *Hemifusus tuba* по мере их развития (см. табл. 173).

Еще более замечательный факт открыл Labbé (1933a). В теле Mollusca из Oncidiidae (Gastropoda) им наблюдались небольших размеров спикулы, которые считались состоящими из $CaCO_3$ (Stantschinsky). Labbe (1933a) путем обработки этих спикул $H_2SO_4 + HF$ показал, что они состоят из SiO_2 (и, возможно, небольшого количества белкового вещества). Так, например, *Oncidiella celtica* (весом 0.37 г) содержали 0.04 г SiO_2 , т. е. около 10% собственного веса. SiO_2 -включения, или спикулы, были им найдены в *Oncidiella patelloides* (*Oncidium leopoldi*), *Oncidiella maculata* (спикулы длиной 30–60 мм), *Oncidium griseum* (*O. astride*), *Oncidium straelenii* и др. Таким образом, целый род Mollusca *Oncidium* является кремниевым, участвующим в интенсивном обмене кремния.

Kahane (1935), получив эти кремниевые Mollusca от Labbé, произвел довольно тщательный их анализ и считает, что SiO_2 находится в них главным образом в виде

¹⁸ Например, HCl?

аморфного кремнезема (он приводит Дебайграмму), частично же SiO_2 находится в спикулах этих Mollusca, по-видимому, в виде силикатов. Отношение аморфного кремнезема к кремнию силиката видно из следующих данных:

Вид	SiO_2 + силикат (в % сухого вещества)	SiO_2 (в % SiO_2 + силикат)
<i>Oncidium durum</i>	0.61	84.7
	0.17	64.5
<i>Paraperonia gondwana</i>	1.13	59.0
	6.9	55.1
<i>Oncidiella celtica</i>	6.46	60.5
	3.56	65.1
	6.13	70.3
	4.13	71.2
(без кишечника)	3.86	70.5
	1.81	73.5
	5.25	80.0

Песчинки, частицы твердого SiO_2 и т. п. материал с пищей проникают в печень этих Mollusca, где обрабатываются и образуют так называемые силиколиты – своеобразной формы кусочки SiO_2 , которые, в свою очередь, делятся на кусочки-песчинки, особыми клетками переносимые в ткани. Из них в коже образуются так называемые спикулы разной формы у разных видов Oncidiidae, напоминающие форму клеток или, лучше сказать, мешочков, содержащих песчинки. Содержание SiO_2 (силиколита) в печени – анализ Kahane (1935) (в % к печени):

<i>Scaphis vividus</i>	0.25	<i>Paraperonia gondwana</i>	8.65
<i>Paraperonia fidjiensis</i>	0.62	<i>Peronia peronia</i>	2.87
<i>gondwana</i>	0	<i>Oncidium planatum</i>	11.3
		<i>Scaphis punctata</i>	0

Интересно отметить, что Oncidiidae претерпели сложный путь развития (филогенез). Так, например, по Joueux-Laffuie (1882), *Oncidiella celtica* – первично морская – жила на суше, а затем вновь вернулась к жизни в море.

9. Химический элементарный состав раковин и других скелетных образований

Раковины Mollusca, в частности Lamellibranchiata и Gastropoda, играют значительную роль в образовании пород. Известны известняки, сплошь сложенные из створок раковин Lamellibranchiata. С другой стороны, большое геохимическое значение представляет и противоположная роль Mollusca: разрушение ими горных пород, совершаемое некоторыми видами различными путями – сверлением или растворением породы выделяемыми ими экскретами¹⁹ и т. п.

Об известковом характере раковин догадывались еще в древние века. Упоминание об этом встречается у Réaumur в 1718 г. Но лишь в конце XVIII в. появляются первые количественные анализы, установившие в общем, что раковины Mollusca содержат 85–95% и даже более CaCO_3 . Анализы раковин Mollusca находим в работах многих известных натуралистов того времени, например: у Humboldt (1793);

¹⁹ Например, *Lithophisa*, *Clavagella*, *Saxicava*. Карбонатные породы, а возможно даже кварц, сверлятся Mollusca (см. Fox, 1936).

Merat-Guillot (1797); Hatchett (1799); Fourcroy, Vauquelin (1811); John (1814); Rouelle (по Diderot, изд. 1875 г.) и Berniard. Анализы относятся главным образом к створкам раковин *Ostrea edulis*, затем к раковинкам Helicidae и немногим другим. Наибольшее число качественных химических определений принадлежит Hatchett (1799).

Почти одновременно с этими химическими анализами выясняется и минералогический характер состояния CaCO_3 в раковинах *Mollusca*. Еще Bournon, нашедший в 1808 г. различия в строении раковин *Gastropoda* и *Lamellibranchiata*, на основании определения удельного веса кусочков раковин считал, что они состоят, вероятно, из кальцита. С другой стороны, Brewster (1836, 1837; см. Horner) доказал на основании изучения оптических свойств раковин, что обращенный внутрь перламутровый слой некоторых створок раковин состоит из другой разновидности кристаллического CaCO_3 – арагонита. Necker (1839), Sorby (1879), Nöggerath (1849) и многие другие исследователи в дальнейшем выяснили, что обе модификации – и кальцит, и арагонит – встречаются в раковинах *Mollusca* иногда порознь, а чаще вместе²⁰. Вещество раковин *Mollusca* выделяется эпителием мантии. По современным взглядам в основе процесса образования раковин, приводящего к отложению CaCO_3 , лежит переход бикарбоната Ca (находимого в крови *Mollusca*) в малорастворимый кристаллический карбонат кальция. В раковинах *Mollusca* находили, помимо кальцита и арагонита, аморфный CaCO_3 и фатерит. Стабильность этих модификаций в природных условиях различная и увеличивается от аморфного $\text{CaCO}_3 \rightarrow$ фатерит \rightarrow арагониту \rightarrow кальциту. Поэтому, в частности, очень древние ископаемые раковинки²¹ *Mollusca* состоят обычно из кальцита (вторичного).

В тех раковинах, где был арагонит, он в определенное время и при известных условиях успевает переходить в кальцит, что опознается по нарушению правильности в расположении кристаллов CaCO_3 в слоях раковин, претерпевших эту метаморфизацию.

Раковины построены довольно сложно. В нашу задачу не входит подробное описание тонкого строения раковин. Мы ограничиваемся поэтому лишь упоминанием о самых главных чертах их строения для того, чтобы далее показать связь химического элементарного состава раковин с их тонким строением.

Створки раковин *Lamellibranchiata* имеют обычно три слоя: наружный эпидермальный, состоящий из так называемого конхиолина²²; средний слой, составленный из кристаллов CaCO_3 часто в форме призм и поэтому называемый иногда «призменным» слоем, и третий, обращенный внутрь, – перламутровый слой. У *Gastropoda* обычно эпидермальный слой менее развит и часто отсутствует перламутровый, тогда как слой, отвечающий, например, призмному слою многих *Lamellibranchiata* – так называемый фарфоровидный слой – построен значительно сложнее первого. В его составе можно выделить еще более тонкие слои. Все эти слои (т. е. призмный, перламутровый и т. п.) в раковинах *Mollusca* состоят из кристаллов CaCO_3 с прослойками из органического вещества, причем призмы, пластинки и т. п. агрегаты кристаллов CaCO_3 ориентированы к поверхности раковин под тем или иным углом, образуя тонкую, характерную структуру этих слоев. Слой CaCO_3 наружный (часто призмный, иногда пластинчатый и т. п.), как правило, состоит из кристаллов кальцита; слой же внутренний, перламутровый – из кристаллов арагонита. Существуют исключения, усложняющие это правило и одновременно представляющие собой

²⁰ См. списки раковин, которые приводились Sorby (1879), Kelly (1900), Bütschli (1908) и др.

²¹ Как правило, раковины, встречающиеся ниже меловых отложений, всегда кальцитовые. Известны редкие исключения.

²² Органическое вещество белкового характера.

своеобразные отличия для разных видов раковин Mollusca. Так, например, наружный слой Haliotidae состоит из арагонита, а внутренний, наоборот, – из кальцита. Раковины Gastropoda, у которых нет перламутрового слоя, часто состоят из одного арагонита, равно как и некоторые Lamellibranchiata, например, *Unio*, *Anodonta* и другие. Напротив, известны раковины Mollusca, состоящие из одного кальцита, например, многие из Anisomyaria (Aviculidae, Ostreidae, *Argonauta*), или имеющие наружный кальцитовый слой, следующий арагонитовый, а внутренний также кальцитовый, как у некоторых Pectinidae.

Говоря иными словами, в раковинах встречаются различные комбинации в смысле преобладания одного из слоев – кальцитового или арагонитового. По своим оптическим и другим свойствам слой, состоящий из кристаллов кальцита, отличается от слоя, состоящего из кристаллов арагонита. Эти слои в раковинах расположены тесно, но не смешиваются между собой. При изучении структуры раковины – особенно тонких ее структурных слоев – постоянно делались попытки при помощи самых разнообразных методов (как то: определения удельного веса кусочков раковины, реакций Meigen и др., по лучепреломляемости)²³ установить минералогический характер кристаллов CaCO₃. В этом направлении известно огромное число наблюдений, произведенных в свое время Carpenter (1844, 1847); Sorby (1879); Tullberg (1881); Gornish, Kendall (1888); Mayer (1889); Appellöf (1893); Kelly (1900); Meigen (1901); Biedermann (1902) и др. С появлением структурного анализа при помощи рентгеновских лучей этот метод также был применен для изучения строения раковин. Так, например, Tsutsumi (1928, 1929) для раковинки *Pinna* показал этим методом, в соответствии с прежними наблюдениями, что наружный слой у *Pinna* состоит из кальцита, а внутренний – из арагонита. Ось кристаллов кальцита расположена перпендикулярно к поверхности раковин. Rama Swamy (1934) изучал строение перламутрового слоя многих раковин (*Pinctada vulgaris*, *Nautilus* и др.), состоявшего всегда из арагонита. Galisbourg, Ryriger (1926) рентгеноскопически показали присутствие в жемчуге арагонита (см. Rinne, 1924). Mayer (1931) рентгеноскопически же нашел в некоторых раковинах Mollusca еще третью разновидность CaCO₃ – фатерит. Oldham (1908, 1929); Orton, Amirthalingam (1926); Prenant (1928b); Ahrberg (1935); Tsuboi, Hirata и Raub приводят данные по детальной структуре минеральных частей различных раковин моллюсков.

Однако это обилие наблюдений не было сведено воедино. Не было сделано самого главного, а именно: тонкое строение раковин, их минералогические особенности не были рассмотрены в связи с систематическим положением Mollusca и, с другой стороны, в связи с химическим составом этих раковин. Schmidt (1924) в своей монографии дал более или менее полную сводку сведений по оптическим свойствам материала раковин. Более близко подошел к интересующему нас вопросу в своей прекрасной работе о структуре раковин Böggild (1930). Он попытался свои наблюдения над минералогическими свойствами раковин расположить в соответствии с систематическим подразделением Mollusca. Таким образом, разрозненные наблюдения были приведены отчасти в некоторый порядок, позволяющий делать более общие умозаключения. Суммируя все это, можно считать, например, что большинство пресноводных форм Mollusca имеет арагонитовую структуру. Среди Lamellibranchiata выделяются Anisomyaria, раковины которых частью или полностью состоят из кальцита, и Homomyaria с раковинами из арагонита. Для Gastropoda более характерно нахождение в их раковинах арагонита, хотя многие из них имеют кальцит и арагонит вместе. Конечно, существуют исключения. Несколько ниже мы коснемся этого более подробно и специально разберем это в отдельной главе.

²³ См. об анизотропности вещества раковин у Nilakantan (1935).

Однако химические свойства раковин (табл. 176) не получили освещения в упомянутых работах и параллельно не рассматривались. Аналитические исследования раковин, как мы видели вначале, носили однообразный характер, а именно: определялось содержание CaCO_3 часто по количеству освобождающейся при растворении раковин в кислотах – CO_2 . В частности, благодаря этому было выяснено присутствие в раковинах, помимо неорганических солей, и органического вещества, названного Fremy конхиолином. Содержание конхиолина²⁴ в раковинах *Mollusca* колеблется от следов до 5%, и, как видно из приведенных ниже данных, его больше в раковинах *Lamellibranchiata*, нежели у *Gastropoda*. Далее увидим, что содержание конхиолина увеличивается у видов, обитающих в морях и солоноватых водах, сравнительно с пресноводными.

Вернемся к минеральному составу. Помимо CaCO_3 , давно было указано на присутствие в раковинах следов фосфатов, сульфатов, которые, как сейчас выясняется, играют немаловажную роль в процессе кристаллизации CaCO_3 в биологических системах. В раковинах были найдены Sr, Ba, I, Br, F (см. дальше). Но особенный интерес представляют наблюдения над содержанием MgCO_3 в раковинах. Forchhammer (1852), по-видимому, первый, если не считать более ранних качественных указаний на нахождение Mg в раковинах, в частности у John (1814); Figuier (1840); Vauquelin, количественно определил в ряде раковин *Mollusca* содержание MgCO_3 . В свое время внимание Forchhammer и других привлекал вопрос о происхождении доломитов и участии в их образовании организмов. Bütschli (1908) позже обратил внимание на содержание Mg преимущественно в наружном призматическом слое раковин некоторых *Mollusca* по сравнению с его содержанием в перламутровом слое тех же *Mollusca*. MgCO_3 , как можно предполагать, будучи изоморфен кальциту, отлагался вместе с ним. Раковины разных видов *Mollusca*, как мы только что говорили, имеют различные соотношения между слоями, содержащими кальцит и арагонит. Имеются раковины, состоящие исключительно из одного кальцита или одного арагонита. Естественно поэтому искать в богатых Mg раковинках кальцитовую структуру и, наоборот, ожидать у *Mollusca* с кальцитовой структурой раковин большое количество Mg. В раковинах, состоящих из арагонита, следует поэтому ожидать содержания ничтожных количеств Mg.

Часто некоторые раковины *Mollusca*, обычно светлые, окрашиваются в темные тона различных оттенков. Kessel (1936b) пытался выяснить причину происхождения этих окрасок. Он нашел, что у *Buccinum*, *Natica*, *Aporrhais*, *Spirula*, *Macoma* и других в известковых слоях раковин в этих случаях откладывались зерна, жилки темного вещества, содержащие в основном (по-видимому, гидроокиси, карбонаты и сульфид) Fe. В этих зернах находилась и S. Kessel считает, что это полисульфиды Fe (у мертвых раковин, в частности). Fe, по его мнению, из морской воды проникло в толщу раковин и осаждалось (при участии органических веществ, содержащих S). Однако нам представляется, что это не так. Нахождение Fe, Mn в толще раковин указывалось еще Bradley (1907a), Буткевичем (1928), Carazzi (1897) и мы постоянно это наблюдали сами. В этом процессе не исключено биохимическое накопление Fe – при участии бактерий, водорослей, диатомовых, концентрирующих Fe. Тем более что в ионной форме Fe в морской воде находится ничтожно мало по сравнению со всем Fe, находящимся в воде моря.

Thompson, Wilson (1935) обнаружили от 0.003 до 0.007% Mn в различных раковинах из Пюджет-Саунд.

²⁴ Об его строении см. у Fürth (1903), Kost (1835), Wetzel. Более новые данные у Friza (1932). Конхиолин – вещество белкового характера, содержит около 1% серы. Об азоте в раковинах (resp. конхиолине) см. выше.

Таблица 176
Химический состав раковин Mollusca (в % минерального остатка)

Вид	Орган, вещество в свежей раковине	CaCO ₃	MgCO ₃	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaSO ₄	Автор
<i>Mytilus edulis</i>	–	97.50	0.57		0.34	0.11	1.54	Thomas (no Field, 1922)
<i>Lophyrus occidentalis</i>	0.69	99.42	0.20	0.0099	0.034	0.18	–	Turek, 1933
<i>Fissurella graeca</i>	0.43	99.43	0.17	0.0044	0.083	0.066	–	Тот же
<i>Turbo</i> sp.	1.10	99.72	0.15	0.0	0.0046	0.12	–	"
<i>Vivipara</i> sp.	2.20	99.20	Следы	0.002	0.00058	0.048	–	"
	91.84	85.06	8.30	0.0	0.27	6.35	–	"
<i>Erronea saurica</i>	0.17	99.88	0.0323	0.0013	0.0018	0.072	–	"
<i>Bullaria</i> sp.	0.58	99.73	0.019	Следы	0.0014	0.45	–	"
<i>Auricula</i> sp.	1.54	99.87	Следы	0.0015	0.00048	0.10	–	"
<i>Limnaea stagnalis</i>	0.28	99.93	"	Следы	0.00038	0.045	–	"
<i>Arion empiricorum</i>	0.71	99.11	0.322	0.0085	0.0051	0.187	–	"
<i>Limax cinereo</i>	1.93	99.59	0.267	0.0	0.00098	0.114	–	"
<i>Cepaea nemoralis</i>	1.36	99.70	0.0089	0.0093	0.0020	0.222	–	"
<i>Pila wernerii</i>	0.47	99.92	Следы	0.0	0.0018	0.050	–	"
<i>Dentalium vulgare</i>	0.21	99.51	0.169	0.0049	0.0055	0.20	–	"
<i>Pecten varius</i>	0.65	99.41	0.346	0.0058	0.0012	0.212	–	"
<i>Solenomya togata</i>	10.35	99.70	0.087	0.0	0.0084	0.133	–	"
<i>Pila</i> sp.	0.937	99.29	0.147	0.0136	0.0097	0.51	–	"
<i>Anodonta</i> sp.	2.31	99.87	0.010	0.0012	0.0179	0.051	–	"
<i>Nautilus pompilius</i>	3.07	99.68	0.058	0.0017	0.0043	0.167	–	"
<i>Ommatostrephes</i> sp.	90.32	Следы	3.135	3.668	0.3216	92.96	–	"
<i>Loligo vulgaris</i>	79.30	58.398	38.121	1.402	0.93	–	–	"
<i>Sepia officinalis</i>	6.99	99.61	0.332	0.0118	0.0021	–	–	"
<i>Spirula spirula</i>	4.52	99.48	0.152	0.0195	0.0049	0.369	–	"
<i>Argonauta argo</i>	4.21	96.09	3.380	0.028	0.0068	0.430	–	"
<i>Ampullaria</i> sp.	1.24	99.89	Следы	0.0	0.0038	0.041	–	"
	1.33	99.50	0.165	Следы	0.0052	0.294	–	"
<i>Sepia</i> sp.	93.0	88.7	1.7*	0.02	0.46	0.10	0.76	Hooper, 1908

* Вместе с щелочью.

10. Химический состав раковин Cephalopoda

Современные Cephalopoda имеют лишь внутреннюю раковину, сильно редуцированную и часто не содержащую извести (например, у *Octopus*, *Sepia* и др. из Dibranchiata). Наружную раковину имеет единственный представитель современных Tetrabranchiata – *Nautilus*. Исследования химического состава раковин и других гомологичных образований у Cephalopoda известны для следующих современных родов: *Sepia*, *Spirula*, *Nautilus*, *Argonauta*. Раковины последнего не гомологичны раковинам других Mollusca и имеются лишь у самок *Argonauta*. Как мы увидим ниже, раковины *Argonauta* имеют и иной химический состав, отличающийся от химического состава всех других раковин и аналогичных образований Cephalopoda.

Раковины *Cephalopoda* содержат несколько больше органического вещества, чем *Lamellibranchiata* и *Gastropoda*. Так называемая *os sepia*²⁵ чаще других была объектом исследования (табл. 177).

Merat-Guillot (1797), Hatchett (1799), Neumann, Fourcroy в начале прошлого века нашли, что она состоит в минеральной части главным образом из CaCO_3 и следов фосфатов; John (1818) анализировал *os sepia* – ее внутреннюю часть и отдельно периферические слои; он отмечает содержание следов Fe и Mg; Forchhammer (1852) нашел 0.41% MgCO_3 . Karsten ошибочно считал *os sepia* состоящей из Са-фосфата. Более полные анализы дали Bütschli (1908) и Clarke, Wheeler (1922).

Данные, касающиеся Mg, не всегда совпадают. Причина колебаний неясна. К этому следует добавить наблюдения Sorby (1879), который показал, что все раковины и другие скелетные части *Cephalopoda* состоят из арагонита. Арагонитовые же скелеты, как правило, содержат MgCO_3 лишь в следах. Appellöf (1893), Meigen (1901), Bütschli (1908), Böggild (1930), Rinne (1924) и другие позднее подтвердили эти наблюдения. Другой представитель *Dibranchiata* – это *Spirula peronii*, раковина которой, по Bütschli (1908), также арагонитовая и содержит максимум 0.5% MgCO_3 . Böggild (1930) считает раковины всех *Spiriophoridae* арагонитовыми. Раковина *Argonauta argo* не имеет перламутрового слоя и согласно хорошо совпавшим анализам трех авторов содержит около 6.0% MgCO_3 . Kelly (1900); Meigen (1901); Mayer (1932); Bütschli (1908) показали, что раковина этого моллюска содержит CaCO_3 в виде кристалла кальцита²⁶. Заметим, что это единственный случай, когда раковина *Cephalopoda* (не гомологичная раковинам других *Mollusca*) содержит столь значительное количество MgCO_3 .

Все эти три вида, по Bütschli (1908), содержат значительные количества фосфатов, чего не видно из данных других авторов.

Раковины *Nautilus pompilus* имеют два слоя, внутренний слой – перламутровый; перегородки раковинки состоят исключительно из последнего; они были анализированы Kelly (1900) и состоят из одного CaCO_3 . Содержание MgCO_3 в раковинах *Nautilus pompilus*, по всем известным анализам, очень незначительно – около 0.1%. Исследованиями Beche (1853), Sorby (1879), Appellöf (1893), Kelly (1900), Meigen (1901), Bütschli (1908), Schmidt (1924), Rinne (1924), Böggild (1930), Mayer (1932), Greiss и другими с несомненностью установлено, что CaCO_3 в раковинах *Nautilus pompilus* находится в виде арагонита. В ископаемых *Nautiloidea*: *Nautilus imperialis*, *Nautilus pompilus*, *Aturia*, *Bosteroti*, *Eutrephoceras dekayi*, по Böggild (1930), находится арагонит. Но *Orthoceratidae* (например, ископаемая *Orthoceras annulation*) представляют собой исключение и имеют в раковинах кальцит и арагонит вместе. См. также у Appellöf (1893) – *Nautilus umbilialis*.

Известны указания на содержание в раковинах *Cephalopoda* растворимых солей, что может быть связано с относительно большим содержанием органического вещества в этих раковинах. Deecke (1923) указывает, что в раковинах современных *Nautilus* находилось до 0.53% щелочей при 1.09% растворимых в H_2O солей. Интересно, что в ископаемых формах, как *Belemnites elongatus* (из лиасса, Leherth), было найдено 0.59% растворимых солей, щелочей 0,54%; в том же виде из мела (Rügen) – 1.68% K_2O . В раковинах *Belemnites clavatus* найдено было щелочей 3.12%. Эти наблюдения показывают, насколько мы еще далеко не знаем полного состава раковин *Cephalopoda*.

²⁵ *Os sepia* – название раковины *Sepia*, которая образуется расширением полости сифона.

²⁶ В ископаемых *Argonauta* находили также только кальцит.

Какой минералогический и химический состав имели раковины вымерших Cephalopoda, в частности, например, раковины аммонитов и белемнитов? Раковины аммонитов имеют во многом сходство с раковинами современных *Nautilus*. Перламутровый слой у них сильно развит. Поэтому очень вероятно, что раковины вымерших аммонитов Ammonoidea, как и Nautiloidea, содержали арагонит и, вероятно, были бедны $MgCO_3$. Mayer (1932), например, в раковинах ископаемых аммонитов *Amaltheus cestatus* и *Harpoceros opolinum* нашел арагонит. Cornish, Kendall (1888) считали раковины аммонитов по преимуществу арагонитовыми, хотя и указывали виды с кальцитом²⁷. Что касается белемнитов и других Dibranchiata, то тут также нет основания отрицать нахождение арагонита в их скелетных частях.

Близкие им из современных *Spirula* имеют арагонит, как и все другие современные Dibranchiata, кроме *Argonauta argo*, хотя, например, Cesàro (1898), изучая оптические и другие свойства скелетных остатков *Belemnites mucronatus*, пришел к выводу, что они состояли из кальцита. Cornish, Kendall (1888) и другие считают gostrum (ростр) белемнитов кальцитовым. Фрагмакон же, по Böggild (1930), например, у *Atractites*, вероятно, был арагонитовым. Grandjean (1910) на основании своих анализов ископаемых раковин Ammonoidea и Belemnoidea, в частности стенок их сифонов, считает, что сифоны в минеральной части состояли из фосфатов. Например, сифон (но не все остальные части раковинки!) *Oxynoticeras guibalianum* содержали (в %): $Ca_3(PO_4)_2$ – 84.0; $CaCO_3$ – 9.5; остаток – 6.5.

Таблица 177
Химический состав раковин Cephalopoda (в % зольного остатка)

Вид	Зола	CaCO ₃	MgCO ₃	Ca ₂ P ₂ O ₈	CaSO ₄	SiO ₂	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	Место сбора	Авторы
<i>Nautilus pompilius</i>	94.63	99.5	0.16	Следы	–	0.19	0.15	Минданао, Филиппинские острова	Clarke, Wheeler, 1922
	97.73	99.66	0.17	–	0.17	–	–		Bütschli, 1908
	–	–	0.118	–	–	–	–	Forchhammer, 1850	
<i>Argonauta argo</i>	93.14	93.76	6.02	–	–	0.09	0.13	High See, Тихий океан	Clarke, Wheeler, 1922
	97.88	89.93	5.37	3.24	1.46	–	–		Butshli, 1908
<i>Sepia officinalis</i>	95.50	96.58	0.13	2.50	0.69	–	–	–	То же
	–	–	0.401	–	–	–	–		Forchhammer, 1850
<i>Sepia</i> sp.	97.03	98.32	1.62	Следы	–	0.00	0.06	Филиппинские острова	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Spirula peronii</i>	96.74	95.75	0.48	3.39	0.38	–	–	–	Bütschli, 1908

В итоге следует сказать, что раковины и другие скелетные части Cephalopoda представляют по своему составу большое разнообразие. Имея в руках небольшой

²⁷ В ископаемых аммонитах, особенно более древних, кальцит обнаруживали часто, например, Meigen (1901) в *Pakinsonia* sp. (по-видимому, юрский) и других. Конечно, это может быть объяснено метаморфизацией, превращением арагонита в кальцит. Например, Cornish, Kendall (1888) указывали кальцит у *Artuchi*, где он может быть вторичным; ср. у Böggild (1930), Cayeux (1910) и др.

материал, мы встретились, однако, по крайней мере с 3–4 различными по составу раковинами²⁸: во-первых, арагонитовыми, наиболее обычными в настоящее время и, вероятно, имевшими широкое распространение в прошлом; все они с малым содержанием $MgCO_3$; во-вторых, с кальцитовыми, совершенно отличными от обычных кальцитовых раковин других Mollusca по своему высокому содержанию $MgCO_3$, это – тип раковин *Argonauta*; в-третьих, вероятно, существовали в прошлом Cephalopoda с раковинами из кальцита же, но с небольшим относительно содержанием $MgCO_3$, не отличающимся в этом смысле от раковин всех других Mollusca, а затем Cephalopoda со скелетными частями, содержащими одновременно и кальцит, и арагонит. Наконец, можно допустить, что у некоторых Cephalopoda отдельные скелетные части состоят из арагонита, другие же – из кальцита или фосфата (ростр, фрагмакон и т. п.).

Помимо названных выше химических элементов, в раковинках Cephalopoda Silberstein (1934) в *os sepia* нашел 0.103% S.

Nautilus имеет челюсти, содержащие $CaCO_3$. В отолитах Cephalopoda находили также $CaCO_3$.

11. Химический состав раковин Lamellibranchiata

Створки раковин некоторых древних Lamellibranchiata участвовали в образовании пород, особенно виды из сем. Ostreidae (*Ostrea*, *Gryphea*, *Exogyra* и др.) и сем. Pectinidae (*Pleuromyida*, *Panophaeida* и др.). Створки раковин Lamellibranchiata чаще других попадались в руки геолога и химика. Известны наблюдения и опыты с раковинами, относящиеся к XV в., когда уже было известно, что они состоят из известки. Более поздние исследования состава раковин Lamellibranchiata появляются в конце XVIII – начале XIX в. и в настоящее время представляют собой лишь исторический интерес. Некоторые из анализов этого времени мы приводим в таблице 178. Они принадлежат Merat-Guillot (1797), Hatchett (1799), How (1866), Monas, Kolt и др. Наибольшее число данных относится к составу створок *Ostrea edulis*, анализированных чаще других. При этом раковины *Ostrea edulis* получались из разных мест Америки и Европы. Мы позволим себе поэтому начать изложение о химическом составе раковин Lamellibranchiata со знакомства с составом раковин *Ostrea edulis*.

Из таблицы 178 можно видеть, что главная масса вещества раковин *Ostrea edulis* – $CaCO_3$ и что $MgCO_3$ составляет в среднем около 0.5% вещества раковин, а в некоторых случаях и больше [см. еще менее полные анализы у Schlossberger (1854–1856), Weigelt (1878), How (1866), Forchhammer (1852), Turner и др.).

$CaCO_3$ в раковинах *Ostrea edulis*, а также и в других Ostreidae, как, например, *Gryphea* [см. Rose (1858), Sorby (1879), Tullberg (1881), Meigen (1901)], находим в виде кальцита.

Частая встречаемость этих раковин в отложениях и участие их в образовании пород, в частности, могут быть объяснены прочностью раковин, сплошь состоящих из кальцита. Поэтому палеонтологи должны вносить соответствующие поправки в свои выводы об исключительной геологической роли Ostreidae.

Количество $MgCO_3$ в раковинах *Ostrea* в общем относительно высокое, обычно несколько колеблется. Связать эти колебания с водным режимом и т. п. факторами не удается, да и нет еще достаточных оснований. Содержание других химических

²⁸ Напомним, что параллельно этому у Cephalopoda наблюдается, как известно, и разнообразие морфологических единиц скелета – ростр белемнитов, их фрагмакон, наружная раковина *Argonauta* и т. д.

элементов в раковинах изучено очень слабо. Единственный более или менее полный анализ раковин *Ostrea edulis*, выполненный в U. S. Bureau of Chemistry для the U. S. Bureau of Fisheries в 1922 г., опубликован Tressler (1923). Мы его приводим в таблице 178.

Таблица 178
Химический состав раковин *Ostrea edulis* (в % зольного остатка)

Вид	CaCO ₃	MgCO ₃	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaSO ₄	Авторы
<i>Ostrea edulis</i>	98.6	—	1.2*	—	—	Следы	Buchholz, Brandes, 1817
	97.65	0.312	0.520**	Следы	—	1.456 ^[a]	Serres, Figuier, 1847
	96.54	0.9125	0.058	0.0719***	0.813		Chatin, Müntz, 1895
	97.0	Следы	0.09	0.03	—	2.0	Möbius, 1877

*Ca₃P₂O₈; содержание органического вещества – 0.5%.

**Ca₃P₂O₈.

***Fe₂O₃.

^[a] H₂SO₄ – 0.9%.

Таблица 179
Химический состав створок раковин *Grassostrea virginica* (в %)

Al	0.044	Cl	0.0035
Ca	38.80	F	Не обнаружено
Cu	0.0025	As	"
Fe	0.09	CO ₂	41.96
Mg	0.189	Hg ₂ O + орган. вещество	1.79
Mn	0.009	N	0.196
Si (?)	0.58		
Zn	0.0009		

Для раковин других Lamellibranchiata более ранние данные [см. Merat-Guillot (1797); Serres, Figuier (1847); Schlossberger (1854–1856); Ulex (1856); Weigelt (1878); Kelly (1900); Vater (1901); Sillimann (см. Bütschli, 1908) и Essner (по Boutan, 1923)] и появившиеся позже [Bütschli (1908); Delff (1912); Clarke, Wheeler (1922)] находятся в соответствии с данными Лазаревского (1933) для раковин *Margaritana*. Мы можем считать, что количество CaCO₃ колеблется обычно от 97.0 до 99.9%, а органическое вещество – от 0.1 до 4.0% (ср. с Gastropoda).

Вопрос о содержании CaCO₃ (и конхиолина) в раковинах разного возраста занимал многих, но окончательного выяснения не получил. Эмбриональные раковины – очень молодые и бедны CaCO₃; по Delff (1912), например, у *Mytilus edulis* более старые раковинки содержали и больше CaCO₃. По Loppens (1920a), на основании определений конхиолина содержание CaCO₃ с ростом раковины несколько уменьшается²⁹. Отношение CaCO₃ к конхиолину в раковинах Lamellibranchiata, как это находили и Loppens (1920a), и Pelseneer (1920a), изменяется в зависимости от среды³⁰. Из морской воды, например, раковины *Mytilus edulis* содержали в среднем 3.86%

²⁹ Он, в частности, нашел конхиолин и CaCO₃ в *Mytilus edulis* при весе в 5.015 г – 3.86%, при весе 69 г – 4.34%.

³⁰ В таблице 181 для сравнения приводим некоторые анализы пресноводных и наземных Mollusca.

конхиолина и 96.14% CaCO₃, а из реки: конхиолина – 2.60%, а CaCO₃ – 97.40%. Trahms (1939) обнаружил, что раковины *Mytilus edulis* из особо опресненных районов Балтийского моря содержат только 50% CaCO₃ и 50% конхиолина³¹. В таблице 180 приведены анализы створок раковин различных Lamellibranchiata³². В раковинах постоянно обнаруживаются Mg, P, S, Fe, Sr, Ba и др. Наиболее устойчивое относительное повышение содержания Mg показывают раковины Pectinidae, затем обращает на себя внимание, правда, по единичным определениям, содержание Mg в *Placuna orbicularis*³³, *Pinna*, *Modiola* и др. Именно в них CaCO₃ находится в виде кальцита или он преобладает. В раковинах *Pecten* кальцит был установлен Sorby (1879); Meigen (1901); Schmidt (1924); Cornish, Kendall (1888). *Pinna* имеет наружный призмный слой из кальцита. Его толщина определяет и содержание MgCO₃ во всей раковине. Bütschli (1908) в свое время произвел определение MgCO₃ в изолированном призмном слое *Pinna japonica*, в котором оказалось 0.92% MgCO₃. Очевидно отсюда, что в перламутровом слое содержание MgCO₃ было в следах. Затем, по Böggild (1930), из Anomiidae (помимо *Placuna orbicularis* и др., см. табл. 180) типично кальцитовые раковины имеет *Modiola*; Mytilidae, как известно, содержат оба слоя – арагонитовый и кальцитовый.

Среди Lamellibranchiata отличаются, таким образом, виды, принадлежащие к отряду Anisomyaria, имеющие либо частично кальцитовые створки, либо сплошь кальцитовые створки раковин. К типично кальцитовым относятся семейства Aviculidae, а именно Aviculae, и семейства Anomiidae и Ostreidae³⁴. Все другие виды этого отряда содержат кальцит в наружном и арагонит во внутреннем слоях створок. Исключение составляют пресноводные виды из семейства Dreissensidae, а именно *Congerina* и *Dreissensia*; в их раковинах находится один арагонит. У *Dreissensia*³⁵ количества MgCO₃ в раковинах колеблется. Она живет в очень разнообразных условиях как в пресных, так и в соленых водах.

Другой отряд – Homomyaria, виды которого содержат арагонит в раковине, по-видимому, содержат и мало MgCO₃ (см. табл. 180). Известны исключения. Так, например, *Rudistes* имеют раковинки, содержащие кальцит и арагонит, а у некоторых видов – только один кальцит, например *Hippurites* (ископаемые).

Именно к этому отряду Homomyaria относится большинство Lamellibranchiata, которые приведены в таблице 180. Исключения выявлены, например, в раковинах *Rudistes*, содержащих как кальцит, так и арагонит, а также у таких видов, как ископаемые *Hippurites*, которые содержат только кальцит. Все анализы показывают бедность их раковин MgCO₃, особенно семейство Naiadidae (*Unio*, *Anodonta*, *Margaritana margaritifera* и мн. др.), а также в большинстве случаев пресноводные Mollusca (см. анализы Döring, 1872). Исследования Carpenter (1844, 1847), Kelly (1900), Meigen (1901), Schmidt (1924) и многих других показали в свое время нахождение арагонита еще в следующих Homomyaria: *Teredo*, *Pectunculus*, *Phola*, *Cyrena*, *Venus*, *Cardium*, *Chama* и Naiadidae. Большой список приводит Böggild (1930).

³¹ О потере CaCO₃ в пресноводных Mollusca см. работы March о *Anodonta*, а также Reech.

³² При недостатке Ca в водоеме образуются раковины из одного конхиолина, например, как в *Unio complanatus*. При избытке Ca в водоеме образуются массивные раковины (например, *Anodonta cygnea incrasata* с толстой раковинной).

³³ См. у Schmidt (1845) – *Placuna placenta*. Carpenter (1844, 1847) считал, что в раковине *Placuna* содержится арагонит.

³⁴ См. для них определения у Carpenter (1844, 1847), Rose (1858), Tullberg (1877), Sorby (1879). Bütschli (1908) указывает на значительное содержание MgCO₃ в *Avicula*.

³⁵ См. Cantor, Mayer об анализах ископаемых *Dreissensia* и *Arcicardium*.

Таблица 180
Химический состав раковин *Lamellibranchiata* (в % зольного состава)

Вид	CaCO ₃	MgCO ₃	P ₂ O ₅	FeO ₃ + Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaSO ₄	Место сбора	Авторы
<i>Pecten dislocatus</i>	98.0	1.0	Следы	0.08	0.32	—	Гавань Шарлотт, Флорида, США	Clarke, Wheeler, 1922
<i>P. ventricosus</i>	98.98	0.73	"	0.15	0.14	—	Южная Калифорния, США	Те же
<i>P. islandicus</i>	97.6	1.28	"	—	—	1.12	Баренцево море 71°30'N, 47°0'E	Самойлов, Терентьева, 1925
	98.51	0.58	"	0.15	0.30	0.90	р. Боде	Schmellek, 1901
	98.49	0.57	"	0.20	0.15	0.93	"	Тот же
	96.7	1.28	—	—	—	—	Кольский залив	Самойлов, Терентьева, 1925
	—	0.0	"	—	—	—	То же	Виноградов, Боровик-Романова, 1935
<i>P. groenlandicus</i>	90.00*	0.8	—	—	—	—	Баренцево море 73°30'N, 68°5'E	Самойлов, Терентьева, 1825
<i>P. glaber</i>	98.88	Следы	—	0.31	—	0.72	—	Самойлов, Терентьева, 1847
<i>Astarte crenata</i>	99.65	0.0	Следы	0.09	0.26	—	О-в Маргас-Виньярд, Масс., США	Clarke, Wheeler, 1922
	98.76	0.35	—	0.2	0.15	—	Хаммерфест	Schmellek, 1901
	97.42	0.31	—	0.81	0.71	0.40	Северное море	Тот же
	—	Следы	Следы	—	—	—	Кольский залив	Виноградов, Боровик-Романова, 1935
<i>Astarte borealis</i>	98.7	0.62	—	—	0.68	—	Новая Земля, 74°10'N, 54°24'E	Самойлов, Терентьева, 1925
	94.96	0.47	—	0.89	2.57	0.65	Шпицберген	Schmellek, 1901
	98.95	0.29	—	0.15	0.25	—	Финмаркен	Тот же
<i>A. acuticostata</i>	98.08	0.71	—	0.44	0.44	—	Северное море	"
<i>Callista convexa</i>	99.62	Следы	0.07	0.12	0.19	—	Виньярд-Саунд, Масс., США	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Macoma sabulosa</i>	99.47	0.00	Следы	0.23	0.30	—	Залив Массачусетс, США	Тот же
<i>Venericardia ventricosa</i>	99.79	0.00	"	0.08	0.13	—	34°25'N, Калифорния, США	"
<i>Cardium substriatum</i>	99.80	Следы	"	0.09	0.11	—	Лонг-Бич, Калифорния, США	"
<i>C. edule</i>	98.5	0.28	0.13	0.42	0.56	0.35	—	Phipson, 1859

Таблица 180 (окончание)

Вид	CaCO ₃	MgCO ₃	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaSO ₄	Место сбора	Авторы
	—	Следы	—	—	—	—	Кольский залив	Виноградов, Боровик-Романова, 1935
	98.53	Около 0.02	—	—	—	—		Vater, 1901
<i>Doris tuberculatum</i>	99.76	Следы	—	—	—	0.2		Settes, Figuier, 1847
	99.96	Следы	—	Следы	—	0.2		Те же
<i>Melegrina</i> sp.	93.80	1.42	0.09	1.04	0.39	—		Овчинников, 1932
<i>Sabrytogenia racifixa</i> Dall.	99.87	0.00	Следы	0.04	0.09	—	Аляска, 15°44'N	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Nucula exaranser</i>	98.74	Следы	0.40	0.50	0.36	—	Сев. Берингов пролив	Те же
<i>Acila mirabilis</i>	99.82	0.00	Следы	0.08	0.10	—	Chosen (Korea)	"
<i>Placuna orbicularis</i>	99.22	0.70	Следы	0.08	0.00	—	О-в Лусон, Филиппины	"
<i>Pinna japonica</i> <i>nigra</i>	93.94	0.92	—	—	—	2.82		Bitschli, 1908
	—	1.0	—	—	—	—	Красное море	Forchhammer, 1852
<i>Leda pernila</i>	98.79	0.51	0.25	—	—	0.45	Карское море, 73°65'N, 73°6'E	Самойлов, Терентьева, 1925
<i>Tellina calcarea Chemn.</i>	98.84	0.71	Следы	—	—	0.45	Новая Земля, 74°10'N, 54°20'E	
<i>Mytilus edulis</i>	99.0*	—	—	—	—	—		Weigelt, 1891
	99.9*	—	0.048	—	—	—		Grémy, 1855
	Следы	Следы	Следы	—	—	—	Кольский залив	Виноградов, Боровик-Романова, 1935
<i>Modiola variata</i>	—	0.705	—	—	—	—		Forchhammer, 1852
<i>Rosticulus gusemeris</i>	99.14	—	Следы	—	—	0.41		Settes, Figuier, 1847
<i>Venus virginea</i>	99.49	—	—	0.41	—	0.31		Те же
<i>Teredo gigantea</i>	—	0.00	—	—	—	—	Индийский океан	Forchhammer, 1852

* Приблизительно.

Таблица 181
Химический элементарный состав раковин наземных
и пресноводных Mollusca (в % зонального остатка)

Вид	CaCO ₃	MgCO ₃	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	Автор
Gastropoda							
<i>Helix nemoralis</i> (Tr)	95.2	–	0.9*	–	–	–	Schmidt, 1845
	99.51	0.052	0.072*	0.041	0.289	–	Döring, 1872
<i>potatia</i> (Tr)	99.98	–	–	–	–	–	Joy, 1852
	98.5	–	0.5*	–	–	–	Gobley, 1858
	92.82	1.02	5.90	–	0.37	–	Wicke, 1863
	–	–	–	–	–	–	Weigelt, 1878
	97.50	–	–	–	–	–	Meyer, 1914
	99.52	0.082	0.0204*	0.0408	0.204	–	Döring, 1872
	–	0.0	–	–	–	–	Виноградов, Боровик-Романова, 1935
<i>Helix fruticola</i> var. <i>alba</i> (Tr)	99.73	0.020	0.0404*	0.120	0.1212	–	Döring, 1872
<i>Helix ericotorum</i> (Tr)	99.36	0.091	0.111*	0.0706	0.3955	–	Тот же
<i>Limnaea stagnalis</i> (Fw)	96.73	–	–	–	–	–	Meyer, 1914
<i>Planorbis corneus</i> (Fw)	97.55	–	–	–	–	–	
<i>Buliminus detritus</i> (Fw)	99.64	0.020	0.040*	0.070	9.172	–	Döring, 1872
Lamellibranchiata							
<i>Pisidium fontinale</i> (Fw)	97.96	0.0963	0.0214*	1.2412	–	–	Тот же
<i>Cyclas rivicola</i> (Fw)	99.84	0.031	0.041*	0.061	0.2142	–	"
<i>Margaritana margaritifera</i> (Fw)	99.71	0.021	0.0530*	0.0424	0.01802	–	"
	99.51	–	0.021	0.413	–	–	Voit, 1860
<i>Anodonta cygnea</i> (Fw)	99.47	–	0.55	–	–	–	Schmidt, 1845
	92.37	–	–	–	–	–	Meyer, 1914
	99.22	0.062	0.062*	0.041	0.2266	–	Döring, 1872
	–	Следы	Следы	–	Следы	–	John, 1814
	99.8	0.0	–	–	–	–	Виноградов, Боровик-Романова, 1935
<i>Anodonta lenkoranensis</i> var. <i>armenica</i> ** (Fw)	93.82	0.62	0.07	0.30	0.62	1.45	Овчинников, 1932
<i>Unio pictorum</i> ** (Fw)	97.32	Следы	–	0.94	0.11	0.08	Тот же
	94.32	0.94	0.16	1.04	0.28	1.85	"
<i>U. crossum</i> m. <i>ater</i> (Fw)	94.39	0.94	–	1.17	0.51	1.54	"
<i>Dreissensia polymorpha</i> ** (Fw)	94.99	0.46	–	0.48	–	0.06	Deksbach, 1931
<i>Dreissensia polymorpha</i> var. <i>fluviatilis</i> (Fw)	97.11	0.42	–	–	–	–	Тот же
<i>Dreissensia polymorpha</i> ** var. <i>aralensis</i> (Fw)	97.92	0.50	–	–	–	–	"

*Фосфаты.

**Вместе с органическим веществом.

Более тщательное сопоставление минералогического и химического составов раковин можно будет сделать на основе большого числа соответствующих систематических наблюдений. Для фосфатов и сульфатов в створках Lamellibranchiata (табл. 181) пока никаких закономерностей отметить нельзя. К сожалению, о нахождении в раковинах P и S исследователи ограничиваются словами «находятся в следах». Silberstein (1934) в раковине *Pecten jacobaeus* нашел 0.245%; *Mytilus edulis* – 0.1023%; *Ostrea edulis* – 0.221% и в *os sepia* – 0.0409%. S. Gautrelet (1902) находил фосфаты в раковинах от 0.00 до 0.06%. О содержании в раковинах Mollusca реже встречаемых химических элементов см. ниже в соответствующих главах.

12. Химический состав раковин Amphineura, Scaphopoda, Pteropoda, Heteropoda

Amphineura. По химическому составу раковины этих организмов не отличаются чем-либо резко от раковин других Mollusca. Анализ их, однако, довольно мало.

В раковинах (или спикулах) Amphineura содержатся небольшие количества $MgCO_3$. Cornish, Kendall (1888) и Bütschli (1908) нашли, что $CaCO_3$ в спикулах *Chiton spiniger* в минералогическом отношении является арагонитом. Schmidt (1924) исследовал в этом отношении спикулы разных Amphineura из Aplacophora (Solenogastres) – *Chaetoderma canadense*, *Rhopalomenia aglaophenia* и *Proneomenia sluiteri*³⁶, причем спикулы первых двух с реакцией Meigen дали указание на кальцит, а последняя – на арагонит. Nierstrasz (1909, 1910) показал, что спикулы Solenogastres в оптическом отношении представляют собой один кристалл (биокристалл). Schmidt (1924) указывает, что в противоположность этому виды из другой группы Amphineura, а именно Chitonida (Polyplacophora), имеют спикулы, состоящие из множества мелких кристаллов $CaCO_3$. Проба с реакцией Meigen показывает присутствие арагонита у *Chiton fasciolaris*, *Chitonellus* sp., *Chiton cinereus*. Böggild (1930) спикулы всех Amphineura считает арагонитовыми. Таким образом, среди Amphineura, во всяком случае, преобладают арагонитовые формы, возможно найдутся и кальцитовые.

У Amphineura в ротовой полости имеется так называемая терка, радула, используемая для истирания пищи. Более подробно химический состав радулы был изучен у Gastropoda. Многими авторами отмечалось в радуле нахождение значительных количеств Fe [например, Sollas (1907)]. Prenant (1928a), исследуя радулы у *Acanthochiton fascicularis*, *Lepidopleurus cajetanus* и *Lepidopleurus cinereus*, состоящие в основе из хитинового вещества, высказал взгляд, что эпителий радулы, действительно содержащий Fe, участвует в выделении соединений Fe из организма этих Mollusca.

Scaphopoda. Единственный анализ раковинки современной Scaphopoda принадлежит Clarke и Wheeler (1922) (табл. 182). По определению Meigen, ископаемая *Dentalium* состояла из арагонита. По Noll (1934), в современной *Dentalium* рентгеноскопически был обнаружен также арагонит, что согласуется с малым содержанием в раковинах этого моллюска $MgCO_3$. В ископаемой *Antalis entails* Boggild (1930) указывает на арагонит.

³⁶ Кроме того, *Chaetoderma nitidulum*, *Neomenia carinata*, *N. grandis*; см. у Woodland (1907a) о *Dondersia lauyulensis*.

Таблица 182
Химический состав раковин *Amphineura*, *Scaphopoda*, *Pteropoda*
(в % зольного остатка)

Вид	CaCO ₃	MgCO ₃	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	CaSO ₄	SiO ₂	Место сбора	Автор
<i>Amphineura</i>								
<i>Mopalia muscosa</i>	98.37	0.45	Следы	0.22	0.35	0.61	Санта-Барбара, Калифорния, США	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Chiton spiniger</i>	–		Следы					Bütschli, 1910
<i>Scaphopoda</i>								
<i>Dentalium solidum</i>	99.13	0.20	Следы	0.27	–	0.40	Georges Bank	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Pteropoda</i>								
<i>Hyalaea</i> sp.	97.7	0.61	1.69*	–	–	–		Wicke (Keferstein in Bronn, 1866)

*Фосфаты.

Pteropoda. В двух известных анализах раковин *Pteropoda* (табл. 182) обращает на себя внимание относительно высокое содержание фосфатов по сравнению с обычным содержанием их в раковинах других *Mollusca*. Небезынтересно поэтому напомнить указания на значительное содержание фосфатов в раковинах семейства *Conulariidae*, относимых к *Pteropoda*. Фосфаты включены в хитиновую основу раковин, хорошо сохранившихся в докембрийских отложениях [см., например, об этом у Wiman (1893) о *Conulariidae*]. Holm (1893), Svenonius (1881), Andersson (1894–1895) и другие указывают из кембросилура Швеции раковинки *Hyolithes*, *Torelledidae*, например, *Torelleda laevigata*, *Hyolithellus micans* и другие иногда вместе с другими фосфатными организмами – трилобитами и *Brachiopoda*, содержащими фосфаты. Наконец, птероподовый ил иногда содержит до 2.44 Ca₃P₂O₈ [по Brazier (1892), из сборов членджерской экспедиции]. Что тут: прижизненная концентрация фосфатов или посмертная? Нет ли на самом деле среди видов *Pteropoda* большой группы фосфатных организмов? CaCO₃ в раковинах *Pteropoda* находился в виде арагонита; так, например, арагонит можно найти в раковинах *Pteropoda* из птероподового ила, со дна океана. Согласно Schmidt (1924), раковины современных *Hyalaea tridentata* и *Cleodora pyramidalis* содержат арагонит. То же указывает Böggild (1930) для всех *Hyolithidae* и *Cavoliniidae*. Однако *Tentaculitidae* в раковинах содержат кальцит. Среди *Pteropoda*, таким образом, встречаем раковины хитиновые (?), содержащие фосфаты (*Conulariidae*, *Torelledidae*, *Hyolithidae* (?), современные *Hyalaea* и др.), арагонит и, наконец, кальцит у *Tentaculitidae*. Может быть, кстати, напомнить, что систематическое положение организмов, объединяемых в *Pteropoda*, еще вызывает сомнение³⁷.

Heteropoda. Анализ для раковин этих организмов нет. *Carinaria mediterranea*, по Schmidt (1924), содержат CaCO₃ в раковинах в виде кальцита, а Böggild (1930) считает, что, помимо *Carinaria*, также и *Atlanta* sp. и другие содержат араго-

³⁷ См. анализ *Limacina retroversa* у Fox, Ramage (1931).

нит. Tschachotin (1908) в отолитах в Heteropoda (например, *Pterotracha caronata*, *Pterotracha mutica*) нашел CaCO_3 с небольшим количеством фосфатов, Mg и следы сульфатов. CaCO_3 в отолитах Heteropoda находится в виде кальцита.

13. Химический состав раковин Gastropoda

Наиболее ранние анализы раковин Gastropoda содержат лишь определения CaCO_3 и органического вещества. Указания на содержание Mg, P и других химических элементов носят исключительно качественный характер. Подобного рода данные можно встретить у Hatchett (1799), Rose (1858), How (1866). Schlossberger (1854–1856) по содержанию CO_2 в раковинах вычислил содержание CaCO_3 для ряда Gastropoda, полагая, что MgCO_3 в них находится лишь в следах. Более точных и более полных анализов раковин Gastropoda не было произведено. За последние годы благодаря работам Bütschli (1908), Schmelck (1901), Самойлова (1911) и особенно Clarke, Wheeler (1922) наши знания о составе раковин Gastropoda пополнились новыми количественными данными.

Укажем еще, что ранние анализы относились главным образом к раковинам наземных Mollusca, к *Helix pomatia* в особенности [см. анализы у Hatchett (1729), Schmidt (1845), Joy (1852), W. Wicke (1853), B. Wicke (1963), Goble (1858), Barfurth (1883), Weigelt (1878), Meyer (1914) и многих других], также ограничившихся определением в раковинах *Helix pomatia* и других Helicidae немногих обычных элементов, отмечая присутствие остальных качественно. Анализы раковин морских Gastropoda, как мы видели, относятся к более поздним годам.

Содержание CaCO_3 в раковинах Gastropoda составляет обычно от 97.0 до 99.95%. Второе место занимает содержание органического вещества (конхиолина) от следов до 4.0%; по сравнению с содержанием конхиолина в Lamellibranchiata его здесь меньше (см. табл. 182). Как показал Loppens (1920), отношение CaCO_3 к конхиолину зависит от условий обитания.

Исследуя раковины *Littorina littorea*, *Natica alderi* и др., он нашел, что у Gastropoda солоноватых вод конхиолина меньше, чем у Gastropoda морских вод; соответственно этому у них увеличивается несколько количество CaCO_3 , и наоборот. Значительные колебания содержания конхиолина и минерального остатка (CaCO_3) замечается иногда в пределах одного вида. Так, например, на это обращает внимание Pelseneer (1920) и др. В частности, уменьшение содержания CaCO_3 иногда зависит от доступности Ca для Gastropoda. Например, многие Helicidae и другие наземные Mollusca показывают полиморфные изменения в зависимости от содержания Ca в почве³⁸. Пресноводные точно так же, как наземные Gastropoda (например, *Limnea*, *Vivipara* и др.), страдают иногда от недостатка Ca в воде прудов и т. п. (см. dessin, 1877). Содержание Mg в раковинах морских Gastropoda невелико и колеблется от следов до 1.78%. В целом можно сказать, что среди Gastropoda реже, чем среди Lamellibranchiata, встречаются виды, раковины которых имели бы некоторое повышенное содержание MgCO_3 , скажем, свыше 0.5–1.0%.

Обращает на себя внимание относительно более высокое содержание MgCO_3 по сравнению с обычным его содержанием в раковинах большинства Gastropoda, в некоторых видах *Nassa*, *Tachyrhynchus*, *Neptunea*; насколько это регулярно – неизвестно. Представлялось бы интересным сопоставить содержание в них MgCO_3 с минералогическим характером находящегося в их раковинах CaCO_3 . В настоящее

³⁸ На известковых почвах с толстой раковиной – *Helix striata* var. *solidus*, а на кремневых с тонкой раковиной – var. *tenuis* и т. п.

время это сделать почти невозможно по той причине, что мы не имеем достаточно (как видно из таблицы 183) количественных систематических данных для содержания $MgCO_3$ в раковинах *Gastropoda*. В приводимых выше анализах, почти в половине их, Mg указан качественно. Большинство *Gastropoda* из приведенного списка имеют раковины, состоящие главным образом из арагонита и реже из арагонита и кальцита вместе. Еще Sorby (1879) считал все раковины *Gastropoda* арагонитовыми. Последующие определения, которые мы находим у многих авторов, показали, что довольно часто среди раковин *Gastropoda* можно было встретить виды, содержащие обе модификации $CaCO_3$ – кальцит и арагонит и содержащие один кальцит, что, однако, значительно реже. Böggild (1930) считает кальцитовой раковину одного вида из *Bellerophonidae* (вообще арагонитовых), а именно у *Bellerophon* sp. (ископаемая). Прекрасная кальцитовая структура в наружном слое раковины имеется у *Patellidae* и *Neretidae* [ср. анализы Bütschli (1908) для раковины *Patella vulgaris*, содержащей много $MgCO_3$]. Для большинства же *Gastropoda*, повторяем, характерен арагонит. Среди *Prosobranchia* часть видов содержит арагонит и кальцит в раковинах, например: виды из семейств *Neretidae*, *Euompholidae*, *Fissurellidae*, *Trochonematidae*; у *Cyclobranchia* – из семейств *Janthinidae*, *Solariidae*, *Littorinidae*, *Muricidae*, *Purpuridae*, *Fusiidae*, *Capulidae*. Часто именно для видов этих семейств указывается содержание одного лишь $CaCO_3$, что, вероятно, ошибочно, так как $MgCO_3$ количественно не определяют. В некоторых случаях отмечается заметное нахождение Mg, например, у Bütschli (1908) для раковин *Littorina* и др. Для тех же видов, у которых при тщательном анализе сейчас можно показать присутствие арагонита и кальцита, прежде часто отмечался лишь один арагонит (*Murex* и *Scurria*). Нашли один арагонит или его преобладание у *Strombus gigas*, *Oliva* sp. и других *Olividae*, *Natica*, *Cerithiidae*, *Buccinidae*, *Cyclostomata*, *Cyprea*, *Trochidae* (например, у *Trochus dub.*, *T. cinerarius* и др.), так же как *Turbinidae*, *Bulla* и многих др.

По Böggild (1930), все *Pulmonata* содержат арагонит³⁹. Тот же автор дает описание структур раковин более 50 семейств *Gastropoda*, большинство из которых имеет арагонитовую раковину или преобладание в ней арагонита. Согласно Kessel (1936a), *Haliotis* по строению своей раковины составляет исключение. Кальцитовый слой в раковине *Haliotis* находится между двумя – наружным и внутренним – арагонитовыми слоями. В первом наружном слое *H. tuberculata* и *H. lamellosa* находятся кристаллы арагонита, в виде зерен, а затем глубже – группы длинных кристаллов кальцита. Причем группы кристаллов кальцита в старых раковинах меньше, чем у молодых. Автор считает, что здесь идет метаморфоз – непосредственное образование из арагонита раковины – кальцита (аналогично тому процессу, который идет при фоссилизации мертвых раковин).

В соответствии с арагонитовым характером большинства раковин *Gastropoda* содержание Mg в общем очень низкое. В раковинах *Patella vulgata*, *Purpura lapillus*, *Littorina*, у которых находится в раковинах $CaCO_3$ в виде кальцита или кальцита и арагонита вместе, как видно из таблицы 183, несколько повышается и содержание $MgCO_3$.

Весьма важное наблюдение сделал Schmidt (1924) относительно характера $CaCO_3$ в спикулах *Nudibranchia*. Woodland (1907b) наблюдал в спикулах *Doris tuberculata* кристаллы кальцита. Schmidt убедился, однако, что оптические свойства спикул не совпадают с показаниями реакции Meigen. Удельный вес (2.6), малая двойная лучепреломляемость и реакция Meigen (указывающая на арагонит) заставили его заключить, что в спикулах, например, *Doris tuberculata* и других

³⁹ Арагонит был найден разными авторами у *Succinea oblonga*, *S. patrina*, *Pupa frumentum*, *Papilla*, *Phisa*, у различных *Helix*, *Limnaea* и многих других. Rose (1858) ошибочно считал у *Helicidae* кальцит.

Nudibranchia находится не кальцит, а фатерит⁴⁰. При обработке спикул щелочами или после нагревания их фатерит переходил в кристаллы кальцита. В настоящее время эти наблюдения должны быть пополнены исследованиями Mayer (1931, 1932), который, исходя из допущения существования фатерита в раковинах в их начальной стадии развития, что допускал и Link (1912), произвел структурный рентгеноскопический анализ эмбриональной раковины *Paludina vivipara* и раковин *Limnaea ovata*, *Helix nemoralis* и *Buccinum undatum*.

Таблица 183
Химический состав раковин Gastropoda (в % зольного остатка)

Вид	CaCO ₃	MgCO ₃	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaSO ₄	Место сбора	Автор и год
<i>Nassa californica</i>	99.22	0.37	Следы	0.13	0.28	—	Залив Монтерей, Калифорния	Clarke, Wheeler, 1922
<i>N. tegula</i>	96.84	0.44	0.18*	0.35	2.19	—	Залив Магдалены, Калифорния, США	Те же
<i>N. isculpta</i>	97.08	1.78	0.10	0.52	0.52	—	Кортес банка, 32°20'30"N; Калифорния, США	"
<i>Tachyrhynchus erosa</i>	97.0	1.02	0.82*	0.90	0.26	—	Авачинский залив, Камчатка	"
<i>Ranella pulchra</i>	96.60	0.51	Следы	0.63	2.26	—	Prabas Islands, Китайское море	"
<i>Turritella gonostoma</i>	97.21	0.44	"	1.89	0.26	0.20	Mulege, Калифорния	"
<i>Neptunea despecta</i>	—	Присут.	—	—	—	—	Кольский залив	Виноградов, Боровик-Романова, 1935
	98.52	1.17	—	—	—	0.31	Баренцево море, 69°38'N, 47°0'E	Самойлов, Терентьева, 1925
	98.84	0.74	—	—	—	0.45	Баренцево море, 71°30'N, 47°0'E	Те же
<i>Neptunea despecta</i>	—	0.486	—	—	—	—	—	Forchhammer, 1852
<i>Buccinum undatum</i>	98.33	0.26	Следы	0.43	0.98	—	Залив Наррагансетт, США	Clarke, Wheeler, 1922
	98.0	—	—	—	—	—	—	Weigelt, 1891
<i>Buccinum undatum</i>	—	Присут.	—	—	—	—	Кольский залив	Виноградов, Боровик-Романова, 1935
	98.56	0.29	Следы	0.36	0.15	0.52	Вадсё	Schmelck, 1901
	98.92	0.38	"	0.25	0.15	Следы	Лофотенские острова	Тот же
<i>B. groenlandicum</i>	97.26	0.78	"	0.31	0.31	0.54	Хаммерфест	"

⁴⁰ По анализу Benrath, спикулы состояли только из CaCO₃. Rinne (1924); Mayer, Weineck (1932); Odum (1951b) обнаружили, что спикула *Archidoris* действительно состоит из аморфного CaCO₃.

Таблица 183 (окончание)

Вид	CaCO ₃	MgCO ₃	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaSO ₄	Место сбора	Автор и год
	98.14	0.46	0.135	0.21	0.21	Следы	Вадсе	"
<i>B. graciale</i>	97.60	0.79	Следы	0.25	0.10	0.52	Северное море	"
<i>Purpura lapillus</i>	99.28	0.41	"	0.16	0.15	–	Истпорт, Мэн, США	Clarke, Wheeler, 1922
	96.35	0.54	–	–	–	0.17	–	Bütschli, 1908
	–	Присут.	–	–	–	–	Кольский залив	Виноградов, Боровик-Романова, 1935
<i>Aporrhais occidentalis</i>	98.30	Следы	Следы	0.23	1.32	0.15	О-в Марта-Виньярд, Масс., США	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Natica duplicata</i>	99.95	"	"	0.05	0.0	–	Cape Laokout	"
<i>Natica clausa</i>	98.54	0.84	"	–	–	0.84	Баренцево море, 69°30'N, 46°55'E	Самойлов, Терентьева, 1925
<i>Oliva literata</i>	99.91	0.00	"	0.04	0.05	–	Сарасота, Флорида	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Fasciolaria distans</i>	99.48	0.14	"	0.04	0.34	–	–	–
<i>Crepidula onyx</i>	99.73	Следы	"	0.11	0.16	0.0	Сан-Педро, Калифорния, США	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Antiplanes perversa</i>	99.41	"	"	0.11	0.48	–	П-ов Бодега Хед, Калифорния, США	–
<i>Volutometra alaskana</i>	99.75	"	"	0.18	0.07	–	Уналашка	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Pyrolofusus harpa</i>	99.84	Следы	Следы	0.08	0.08	–	Уналашка	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Cavolina longirostris</i>	97.82	0.20	0.85*	0.4	0.73	–	Филиппинские острова	Те же
<i>Plicifusus dirus</i>	99.36	0.24	Следы	0.23	0.17	–	Гавань Ситка, Аляска	"
<i>Cerithium aluco</i>	99.90	Следы	"	0.10	0.00	–	Филиппинские острова	"
<i>C. telescopium</i>	–	0.189	–	–	–	–	–	Forchhammer, 1852
<i>Strombus canarium</i>	99.70	Следы	"	0.21	0.09	–	О-в Лусон, Филиппины	Clarke, Wheelker, 1922
<i>S. gigas</i>	99.30	–	–	–	–	–	–	Potyka (G. Rose, 1858)
	99.75	Следы	–	–	–	–	–	Oesten (G. Rose, 1858)
<i>Patella vulgata</i>	–	–	0	–	–	–	–	Bütschli, 1908
<i>Neptunea despecta</i>	98.35	0.68	Следы	0.70	0.10	0.53	Северное море	Schmelck, 1901
	98.22	0.77	"	0.51	0.46	0.25	Лофотенские острова	Тот же
<i>Littorina littorea</i>	99.9	–	0.001	–	–	–	–	How, 1866
<i>Vermetus</i> sp.	–	0.35	–	–	–	–	Бермудские острова	Forchhammer, 1852

*Ca₃P₂O₈.

Таблица 184
Состав operculum (крышечки) Gastropoda (в %)

Вид	CaCO ₃	MgCO ₃	Ca ₃ P ₂ O ₈	Органическое вещество	Fe ₂ O ₃	Автор
Epiphragm						
<i>Helix pomatia</i>	94.24	–	5.73	–	Следы	Schlossberger, 1854–1856
	86.75	0.96	5.36	6.42	–	Тот же
	95.5	Присут.	–	–	–	"
Operculum						
<i>Turbo rugosum</i>	96.55	Следы	–	3.45	–	"

Путем сравнения полученных рентгеноспектрограмм с различными смесями фатерита и арагонита он установил, что в начальной стадии развития в раковинах *Helix* преобладает фатерит, который с возрастом частично переходит в арагонит. Фатерит находится вместе с арагонитом и в *Vuccinum undatum*, и в других. Аналогичные процессы превращения фатерита в кальцит наблюдал Dudich (1929) в панцирях Crustacea (см. гл. XVI). Таким образом, нахождение фатерита в начальной стадии появления минеральных образований в раковинах у Invertebrata носит общий характер. По мере развития и роста раковин фатерит переходит либо в арагонит, либо в кальцит, причем присутствие известных концентраций CO₂ способствует переходу Ca в кальцит, а ионов Mg – в арагонит. К этому вопросу мы еще вернемся в главе XX⁴¹.

Содержание P, S (фосфатов и сульфатов) и некоторых других в раковинах Gastropoda чрезвычайно пестро. Их содержание незначительно для процессов образования в раковинах кристаллов CaCO₃. Роль фосфатов в процессе выпадения CaCO₃ из растворов в тканях при образовании раковины показал Prenant (1928b). Содержание P в раковинах Gastropoda редко превышает 0.1%⁴². В раковинах не находили ни гипса (CaSO₄ · 2H₂O), ни ангидрида (CaSO₄). Поэтому S, определяемая в раковинах, вероятно, частично должна быть отнесена за счет конхиолина раковин. Silberstein (1939) нашел, например, в раковинах *Helix* всей серы 0.0412%. Железо находится в раковинах обычно в количествах около 0.2%. Увеличение содержания Fe в раковинах связано иногда, как мы наблюдали, с обрастанием раковин Protozoa и Algae.

Марганца, как мы отмечаем ниже, в раковинах Gastropoda очень мало. Систематически определял Mn в раковинах наземных Mollusca Döring (1872). Из этих наблюдений следует, что содержание Mn колеблется от $n \cdot 10^{-1}\%$ до $n \cdot 10^{-4}\%$ (за исключением *Anodonta*, у которых его больше).

О содержании F и других галоидов в раковинах см. далее.

⁴¹ Johnston, Merwin, Williamson (1916) отрицают существование фатерита и считают установленным существование другой разновидности CaCO₃, а именно μ – CaCO₃ [см. Gibson, Wyckoff, Merwin (1925)]. Высказывание, приведенное здесь, взято из работы Mayer, Weineck (1932).

⁴² Müller произвел анализ раковины ископаемой Gastropoda – *Cyclora minuta* из девонских и других отложений Америки, содержащих фосфориты. Он нашел в ней 22.7–28.0% P₂O₅ (а породы содержали 0.77–11.9% P₂O₅). Müller замечает, что и другие виды *Cyclora*, сопровождающие подобные отложения, богаты P.

Содержание Si в раковинах Gastropoda ничтожно мало. Случаи высокого содержания SiO₂, например, у *Nassa tegula* и других, возбуждают сомнения в чистоте взятого для анализа образца. На единственный известный случай концентрации SiO₂ в Mollusca, именно в Gastropoda, мы указывали выше.

Радула (или терка) встречается у большинства Gastropoda. Она расположена в ротовой полости в виде пластинки, служит для истирания пищи. Все данные о составе радулы носят исключительно качественный характер, поэтому во взглядах на их состав у разных авторов нет полного совпадения. История этого вопроса недавно была изложена Spek (1921) и почти одновременно Pruvot-Fol (1926). Hancock (1845); Hancock, Embleton (1845) находили SiO₂ в радуле Eolidae, *Pholas*, *Teredo*, *Saxicava*, полагая, что SiO₂ находится в поверхностном ее слое. Sollas (1907) также находил SiO₂ и, помимо того, Ca и P в радуле *Patella*, *Haliotis*, *Natica*, *Helix*. При этом будто бы состав радулы *Helix* менялся в течение сезона. Своим аналитическим наблюдениям Sollas (1907) придавал систематическое значение⁴³. Большинство же других авторов считали, что в основе радулы находится органическое вещество, заключающее Ca, P, Fe и другие химические элементы в виде солей и т. п. [Leuckart (1852), Bergh (1858), Kehler (1856), Troschel (1893)]⁴⁴, причем одни из них считали его хитином, другие кератином.

Spek (1921) в радуле *Patella*, *Haliotis*, *Natica*, *Buccinum* не нашел SiO₂ (CO₂), но открыл Fe, Ca, отмечая также P в заметных количествах. Особенно подчеркивалось многими исследователями нахождение в радуле Fe. Prenant (1828a), как мы видели, в аналогичном случае с *Chiton* пытался объяснить скопление Fe в радуле участием эпителия последней в выделении Fe из органов Mollusca.

Химический элементарный состав радулы, насколько можно представлять его на основе качественных и к тому же противоречивых данных, по-видимому, в основном состоит из органического вещества (белкового?), пропитанного солями фосфорной кислоты, гидроокисями Fe₂O₃, SiO₂ и др. Единственные количественные определения состава золы радулы были сделаны Jones, McCance, Shackleton (1935). Они собрали радулы от *Patella athletica* и получили в результате анализа следующие данные (в %):

	Сухое вещество	Зола
SiO ₂	8.70	32.85
Fe ₂ O ₃	14.3	54.00
CaO	0.43	1.62
NaCl	0.97	3.55
KCl	0.91	3.51
P ₂ O ₅	0.94	3.54
MgO	0.13	0.47
Al ₂ O ₃	0.005	0.02
CuO	0.004	0.02
Всего	26.389	99.58

⁴³ Troschel (1893) придавал систематическое значение форме радулы как морфологическому признаку. Исследовал радулу *Eolis papillosa*, *Marsenia perspia* и др. Нужно заметить, что Sollas (1907) указывает на большое количество SiO₂ лишь у *Docoglossa*, в радуле других Mollusca SiO₂ не находил.

⁴⁴ См. Pantin, Rogers (1925); Bowell (1928).

Спектроскопически, кроме того, были обнаружены Sr, Ag, Mn, Li и Pb. С подобной комбинацией состава плотных скелетных частей, состоящих из гидроокисей Fe_2O_3 и SiO_2 , мы встречались, например, в раковинах Foraminifera. Характер состояния железа и кремния в них не ясен. Jones и др. (1935) считают, что в радуле они находятся не в виде силиката, а в виде какого-то соединения, отвечающего формуле $[(FeAl)_2O_3]_3(SiO_2)_4$. Оказалось, что не только *Patella athletica*, но и другие *Docoglossa* (*Patella vulgaris*, *P. coerulea*, *P. lusitanica*, *P. pellucida*) содержат в радуле Fe и Si. Таким образом, Sollas (1907) был прав. Все Chitonidae – *Crospedochilus cinerus*, *Chiton olivarius*, *Ch. emarginata*, *Ch. discrepans* – содержали много Fe и не содержали Si. Prenant (1928a), как мы видели выше, находил много Fe именно у Chitonidae, но Fe и Si отсутствуют в радуле у видов Rhipidoglossa (*Emarginula fissura*, *Calliostoma zizyphynum*), у Thaenioglossa (*Hydrobia jenkinsi*, *Aporrhais pespelicani*, *Lacuna vincta*, *Littorina littorea*), у Stonoglossa (*Buccinum undatum*, *Nucella lapillus*), у Tectibranchia (*Scaphander lignarius*, *Aplysia punctata*), у Nudibranchia – *Doris tormentosa* и др. Все это указывает на характерность химического элементарного состава радулы у Mollusca.

Opercula, или крышечка, встречается у многих видов Gastropoda и служит для закрытия входа в устье раковины. Она бывает либо чисто органического состава (белковая, роговая), либо в той или иной степени пропитана солями (табл. 184). Отдельные анализы заставляют предполагать, что неорганическая часть opercula может состоять из солей фосфорной кислоты, карбоната кальция и, может быть, $MgCO_3 + CaCO_3$ (табл. 185). Opercula *Helix pomatia* содержит почти 6% фосфатов кальция⁴⁵. Наоборот, opercula *Trochus* фосфатов почти не содержит. В крышечках *Helix pomatia*, *Teredo* (?) $CaCO_3$ находился в виде кальцита, в крышечках же *Turbo*, *Nerita* – в виде арагонита. Из других химических элементов в крышечках находили следы Mn, Fe, Si.

14. Химический состав жемчуга

Жемчужины находятся на внутренней поверхности раковин у некоторых Lamellibranchiata и других Mollusca. По своей структуре жемчужины одинаковы со структурой перламутрового и других слоев раковин. Они образуются путем выделения секрета эпидермиса. Причины, вызывающие образование жемчужин, объяснялись присутствием у данных Mollusca паразитических червей, вызывающих заболевание, которое и приводило к возникновению жемчуга. По другим гипотезам, жемчуг возникает на месте того или иного нарушения целостности внутреннего слоя раковин, присутствия посторонних веществ и т. п. [см. у Boutan (1898, 1921), Haas (1931), Korschelt (1912)].

Так называемый настоящий жемчуг встречается главным образом у видов *Meleagrina*, широко распространенных по берегам Тихого и Индийского океанов. Это виды Meleagrinae, например: *M. margaritifera*, *M. californica*, *M. margaritifera erythroensis*, *M. maratlantica*, *M. radiata*, *M. vinesi* и *M. martensi*. Помимо видов *M. margaritifera*, жемчуг встречался у *Ostrea*, *Mytilus*, *Pinna squamosa*, *Strombus gigas*, *Turbinella scolymus*, у Haliotidae и других, *Nautilus* и т. д.

⁴⁵ Качественные указания на P в ней даны у Biedermann (1902).

Таблица 185
Химический элементарный состав жемчуга (%)

Вид	CaCO ₃	Орг. вещество	H ₂ O	Легучее вещество и др.	Место сбора	Авторы
<i>Pearls</i> *	91.72	5.94	2.23	0.11	Великобритания, Австралия, Цейлон	Harley, Harley, 1888
<i>Meleagrina margaritifera</i> *	91.59	3.83	3.97	0.81	–	Dubois, 1909
<i>Pinna nobilis</i>	72.72	4.21	23.06	0.01	–	Тот же

* Средний анализ 6 жемчужин: 2 – из Цейлона, 2 – из Австралии и 2 – из Великобритании. 2 последние – вероятно, из *Margaritana*, а остальные четыре – из *Meleagrina*.

Жемчуг, как это было известно еще Réaumur⁴⁶, содержит много углекислого кальция. CaCO₃ составляет в среднем (например, в жемчуге *Meleagrina margaritifera*) около 92%. Интересно отметить различное содержание воды в жемчуге из *Meleagrina margaritifera* и *Pinna nobilis*. Более подробные анализы, чем те, которые мы привели в таблице 185, нам неизвестны. Некоторые исследователи при анализе так называемого перламутра (из раковин *Meleagrina* и других) совершенно качественно указывают на отсутствие P в жемчуге, на нахождение SO₄²⁻ и т. п. [Hessling (1859), Voit (1860), Möbius (1877), Rudler (1885), Harley, Harley (1888), Boutan (1898, 1921), Kunz, Stevenson (1908), Dubois (1909), Haas (1931) и др.]. В минералогическом отношении CaCO₃ в различных жемчугах, в зависимости от вида Mollusca, от которых он был получен, находится либо в виде арагонита, кальцита, либо обоих вместе⁴⁷. В настоящем жемчуге из *Meleagrina margaritifera* CaCO₃ находится в виде арагонита (см. у Galibourg, Ryziger и др.). Однако в *M. californica*, по Schmidt (1924), жемчуг содержал кальцит. Кальцит был указан и в жемчуге из *Mytilus edulis* и других; арагонитовый жемчуг – в *Margaritana margaritifera* и других Unionidae, пресноводных Mollusca, у которых, как известно, вся раковина сложена из арагонита. Смешанные формы жемчуга, содержащие слои кальцита и арагонита, подобно строению раковин многих Mollusca, находили в *Pinna* и других организмах.

15. Содержание Mn, Fe, Cu и Zn

Марганец в Mollusca

Физиологическая роль Mn в растениях и в наземных животных изучается в настоящее время на основе огромного аналитического материала, касающегося его нахождения в разнообразных организмах, в их органах и тканях. По отношению к морским организмам, и к Mollusca в частности, мы находимся в самом начале в смысле систематического изучения распределения Mn в тканях и органах многочисленных морских беспозвоночных. Mollusca представляют собой благодарный объект в этом отношении, ибо уже сейчас среди них известны виды – типичные концентраторы Mn, благодаря чему некоторые вопросы обмена Mn у Invertebrata невольно привлекли известное внимание (табл. 186).

⁴⁶ В начале XVII в. (1718 г.). В действительности это было известно значительно раньше, еще в древности.

⁴⁷ Жемчуг может состоять из вещества любого слоя раковины – кальцита, арагонита, конхиолина и т. п. См. рентгеноскопические исследования Shaxby (1925).

Таблица 186
Содержание Mn в Mollusca (в %)

Вид	Комментарий	Зола	Сухое вещество	Место отбора	Автор
Lamellibranchiata (мягкие части)					
<i>Venus mercenaria</i>		–	0.0043	США	McHargue, 1927
<i>Crassostrea virginica</i>		–	0.0049	"	Тот же
<i>Pinna japonica</i>					
(<i>Atrina pectinata</i>)	3; биссус	14.1	0.18	–	Suto, 1938
	3; гепатопанкреас	3.9	0.60	–	Тот же
	3; железы мантии	7.13	0.18	–	"
	3; почки	3.1	0.73	–	"
	3; мышцы	2.93	–	–	"
<i>Mytilus edulis</i>		–	6 · 10 ^{-6*}	–	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Pecten fumatus</i>		–	5 · 10 ^{-6*}	–	Те же
<i>Pecten maximus</i>		0.008	–	–	Webb, 1937
Пресноводные Unionidae	Смесь	–	0.5424	США	McHargue, 1927
Gastropoda (мягкие части)					
<i>Helix aspersa</i>		0.08	–	–	Webb, 1937**
<i>Littorina littorea</i>		0.08	–	–	Тот же
<i>Purpura lapillus</i>		0.06	–	–	"
<i>Pleurobranchus plumula</i>		0.015	–	–	"
<i>Aeolidia papillosa</i>		0.04	–	–	"
<i>Archidoris britannica</i>	Мантия	0.02	–	–	"
		0.07	–	–	"
Lamellibranchiata (раковина)					
<i>Anodonta cygnea</i>		0.078	–	р. Днепр	Виноградов, 1938в
		0.078	–	Ленинград, Саблино	Тот же
<i>Cardium edule</i>		0.001	–	Баренцево море	"
<i>Mytilus edulis</i>		0.002	–	–	"
<i>Margaritana margaritifera</i>		0.04	–	р. Казанка	"
		0.035	–	р. Воргуза	"
<i>Pecten islandicus</i>		0.001	–	Баренцево море	"
<i>Ostrea sp.</i>		0.01	–	Авачинская бухта, Камчатка	"
<i>Unio pictorum</i>		0.055	–	р. Днепр	"
<i>Unio tumidis</i>		0.069	–	–	"
Gastropoda (раковина)					
<i>Buccinum undatum</i>		0.001	–	–	–
<i>Helix pomatia</i>		0.005	–	Киев	Виноградов, 1938в
<i>Neptunea despecta</i>		0.002	–	–	–

* Результаты очевидно занижены.

** Авторы дают результаты, выраженные совокупностью катионов золы.

Таблица 187
Содержание Mn в органах Cephalopoda (в % на сухое вещество)

Вид	Печень	Половые органы	Пищевые железы	Почки	Жабры	Кишечник	Мускул	Целые животные
<i>Sepia officinalis</i>	–	–	–	–	–	–	–	0.11*
♂♂	0.00059*	0.00074	–	0.00078	0.00074	0.00180	–	0.0026*
♀♀	0.00072*	0.00061	–	–	0.00119	–	0.00009	–
<i>Octopus vulgaris</i>	0.00071	0.00045	0.00078	0.00057	0.00091	0.00031	0.00045	–
♂♂	0.00028*	–	0.00198	0.00118	0.00053*	0.00097	–	–
♀♀	–	0.00041	–	–	–	–	–	0.0028**

* Среднее из ряда определений. В 15 маленьких *Sepia* было 0,0026% Mn в сухом веществе.
** По Bertrand и Medigresceanu (1913), в % на живое вещество. Все другие анализы по Wang-Tai-Si (1928).

Постоянное нахождение Mn в Mollusca, иногда в больших количествах, стало известно довольно поздно. Erman в 1816 г. допускал нахождение Mn в крови улитки *Helix pomatia* и др.; Lavini (1835 г.) указывает Mn в биссусе *Pinna nobilis*, в органах которой позже обнаруживается значительная концентрация Mn; John (1814) и другие указывают Mn в раковинах. Döring в 1872 г. находит и количественно определяет Mn во многих раковинах пресноводных Mollusca⁴⁸. Несколько позже Mn нашли в морских Mollusca – Krukenberg (1881–1882), Pichard (1898), Griffiths (1892b), Boycott, Cameron (1930). Систематически изучает распространение Mn в тканях Unionidae Bradley (1907a), а гистохимические определения находили у Kopp (1898).

Нами было произведено исследование по содержанию Mn в раковинах Mollusca, морских и пресноводных. Как и следовало ожидать, пресноводные раковины содержат больше Mn, чем морские (табл. 186). Это позволило высказать мысль, что соответственно морские известняки должны быть беднее, а пресноводные богаче Mn, что позволяет, в свою очередь, попытаться выяснить происхождение некоторых немых известняков. Для тканей Mollusca новые данные были получены Webb (1937). Новейшие работы Dubuisson, Heuverswyn (1931), Waele (1930) посвящены исключительно вопросу о распределении Mn в тканях Mollusca и его физиологической роли в них.

Марганец в Cephalopoda

Pichard (1898) нашел Mn качественным путем в так называемой *os sepia* (раковина *Sepia*), так же как Ranzi (1935) в *Sepia officinalis*. Затем Bertrand, Medigresceanu (1913) количественно определили Mn в теле *Sepia officinalis*.

Систематические анализы Mn в Cephalopoda произвел Wang-Tai-Si (1928).

Все виды Cephalopoda, их органы беднее Mn, чем виды из других классов Mollusca (ср. данные табл. 187, 188 с данными табл. 189). Органы, подобно печени (или hepatopancreas) и почкам, обычно богаты и другими тяжелыми металлами (это мы увидим ниже у Gastropoda и Lamellibranchiata), у Cephalopoda содержат одинаково малые количества. Только у молодых организмов замечается некоторое повышение содержания Mn. Wang-Tai-Si в своей работе дает содержание Mn и для ряда других органов (сердце, глаза, руки) Cephalopoda – *Sepia*, *Octopus*,

⁴⁸ *Margaritana margaritifera*, *Cyclas rivicola*, *Buliminus detritus*, *Pisidium fontinale*.

Loligo, помимо приведенных в таблице 187, но содержание в них Mn не отличается сколько-нибудь значительно от содержания в перечисленных в таблице 187 органах тех же организмов. Обращает на себя внимание лишь относительно высокое содержание Mn в яйцах *Sepia officinalis* – до 0.00175% на сухое вещество, а в скорлупе яиц – 0.00368%; в молодых же *Sepia officinalis* – до 0.00231% Mn в сухом веществе; напротив, в их чернильном мешке вместе с его содержимым Mn почти не находилось (но чернильный мешок *Loligo vulgaris* содержал 0.00208% Mn в сухом состоянии). Fox, Ramage (1913) не нашли Mn в чернильном мешке *Sepia officinalis*, но он был найден ими в печени и в pancreas *Sepia*.

Таблица 188
Содержание Mn в теле Gastropoda (в % на живое и сухое вещество и на золу)

Вид	Количество анализов	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Автор
<i>Patella vulgata</i>	7	0.00011	0.00048	0.00331	Wang-Tai-Si, 1928
	7	0.000148	–	–	Bertrand, Medigreceanu, 1913
	7	Следы	–	–	Boycott, Cameron, 1930
<i>P. caerulea</i> (?)		0.00056	–	–	Dubuisson, Heuverswyn, 1931
<i>Haliotis tuberculata</i>	7	0.00015	0.0009	0.00380	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Trochus crassus</i>	2	0.00026	0.00114	0.00455	Тот же
<i>T. ombicalis</i>	2	0.00024	0.00108	0.00426	"
<i>T. cinerarius</i>		Не нашли	–	–	Boycott, Cameron, 1930
<i>Zizyphinus zizyphinus</i>		0.00057	–	–	Dubuisson, Heuverswyn, 1931
<i>Littorina obtusa</i>	2	0.00039	0.00173	0.00716	Wang-Tai-Si, 1928
<i>L. littorea</i>	2	0.00030	0.00110	0.00568	Тот же
	2	0.00284	–	–	Bertrand, Medigreceanu, 1913
	2	–	0.016*	–	Boycott, Cameron, 1930
<i>Murex trunculus</i>	2	0.00091	0.00241	0.00998	Wang-Tai-Si, 1928
	2	0.00237	–	–	Dubuisson, Heuverswyn, 1931
<i>M. brandaris</i>		0.00056	–	–	Те же
<i>Buccinum undatum</i>	2	0.00012	0.00038	0.00356	Wang-Tai-Si, 1928
	2	Не нашли	–	–	Boycott, Cameron, 1930
<i>Purpura lapillus</i>	2	0.00026	0.00092	0.00504	Wang-Tai-Si, 1928
	2	На нашли	–	–	Boycott, Cameron, 1930
<i>Aplysia punctata</i>	4	0.00015	0.00215	0.00374	Wang-Tai-Si, 1928
	4	–	0.0008	–	Phillips, 1917
<i>Crepidula fornicata</i>		–	0.017*	–	Boycott, Cameron, 1930
<i>Triton corrugatus</i>		0.00122	–	–	Dubuisson, Heuverswyn, 1931
<i>Aporrhais pespelicani</i>		0.00567	–	–	Те же

Таблица 188 (окончание)

Вид	Количество анализов	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Автор
<i>Turritella communis</i>		0.01727	–	–	"
<i>Cerithium vulgatum</i>		0.03123	–	–	"
<i>Gibbula divaricata</i>		0.00101	–	–	"
<i>Trochochlea turbinata</i>					"
<i>Strombus gigas</i>		–	0.0086	–	"
<i>St. bituberculatus</i>		–	0.0043	–	Phillips, 1917
<i>Fulgur perversus</i>		–	0.0006	–	Тот же
<i>Helix pomatia</i>		0.0010	–	–	Vincent, Jullien, 1941
<i>Helix pomatia**</i> (наземные)	4	0.00086	0.00269	0.0163	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Helix pisana</i>	4	0.00029	0.00176	0.00944	Тот же
<i>H. aspersa</i>	8	0.00067	0.00443	0.0520	"
<i>Arion flavus</i>	2	0.0011	0.00571	0.02137	"
<i>Limax agrestis***</i>		0.01	–	–	Berthier, 1846

*Maximum.
**Наземные.
***Приблизительно.

Таблица 189
Содержание Mn в разных органах Gastropoda

Вид	Мышца (нога)	Печень	Почки	Белков. железы	Половые железы	Жабры	Автор
В % на сухое вещество							
<i>Haliotis tuberculata</i>	–	0.00166	–	–	0.00093	0.0042	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Buccinum undatum</i>	–	0.00026	0.00098	0.00128	0.00126	–	Тот же
<i>Helix aspersa</i> (наземная)	0.00101	0.04511	0.00147	0.00035	0.00967	–	"
	0.0008	0.0008	0.0008	<0.0008	0.0008	–	Fox, Ramage, 1931
В % на живое вещество							
<i>Helix pomatia</i>	0.00052	0.0144	0.00043	–	0.00282	–	Vinsent, Jullien, 1941

Марганец в Gastropoda

Döring (1872), как мы указали выше, находил в раковинах пресноводных Gastropoda от 0 до 0.023% марганца⁴⁹.

Boycott, Cameron (1930), исследовавшие до 79 образцов пресноводных Mollusca из разных мест Англии, находили в них от следов до 0.040% Mn. Авторы отмечают,

⁴⁹ В пресноводных: *Helix pomatia*, *H. fruticola*, *H. arbustorum* (*H. ericetorum*), *H. nemoralis*, *Arianta arbustorum*, *Fruticola fruticum*, *Xerophila ericetorum*, *Buliminus detritus*.

что количество Mn в них варьировало в зависимости от места их сбора. То же замечание по отношению к содержанию Mn в *Helix* мы встречаем у Fox, Ramage (1931).

Для морских Gastropoda Bertrand, Medigreceanu (1913) дали первые количественные определения Mn, а затем появились анализы ряда других исследователей. В таблице 188 мы приводим многие из них. Качественные пробы на Mn в тканях Gastropoda см. у Erman (1816).

Органы и ткани Gastropoda в целом заметно богаче Mn, нежели Cephalopoda (табл. 189). Некоторые из исследованных видов содержали Mn в очень больших количествах (например, *Turitella communis*, *Cerithium vulgatum*); еще богаче Mn наземные Gastropoda, например: *Helicidae*, *Arion* и *Helix*. Очень вероятно, что содержание Mn связано с характером питания (например, *Helix* грызут растения). Многие морские Gastropoda также поедают водоросли; последние, однако, не так богаты Mn, как наземная и особенно пресноводная растительность. Содержание Mn во многих морских Gastropoda подвержено значительным колебаниям, причина которых нам неизвестна. Так, например, *Haliotis*, по Wang-Tai-Si (1928), содержал 0.0015% Mn на живое вещество, а Fox, Ramage (1931) не нашли Mn ни в одном органе *Haliotis*, хотя указывают его в *Aplysia punctata* и многих других Mollusca⁵⁰.

Таблица 190
Содержание Mn в печени Gastropoda (в % сухого вещества)

Вид	Mn	Автор
<i>Patella vulgata</i>	0.00042*	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Casiss</i> sp. (?)	0.0005	Phillips, 1917
<i>Fasciolaria gigantea</i>	0.00076	Тот же
<i>Trochus crassus</i>	0.00231	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Aplysia punctata</i>	0.00320	Тот же
<i>Strombus gigas</i>	0.0137	Phillips, 1917
<i>Helix pomatia</i> (наземная)	0.01496	Wang-Tai-Si, 1928
<i>H. aspersa</i>	0.03048*	Тот же
<i>H. pomatiax</i>	<0.008	Fox, Ramage, 1931
<i>Arion ater</i>	0.004	Тот же

* Максимум.

Bethe (1928–1929) приводил определения элемента в крови *Aplusia*, а Cardot, Arvanitaki (1931) изучали его в крови *Helix pomatia*. Мало Mn в *Patella* и других Gastropoda. Поэтому, может быть, в дальнейшем обособятся группы Gastropoda, богатых и бедных Mn.

Mollusca, большинство органов которых бедны Mn, содержат и в печени Mn в небольших количествах. Например, у *Patella vulgata* Mn иногда вовсе не находили в печени. Случайно ли наблюдавшееся обогащение Mn в opercula у *Buccinum* и других Mollusca? Совсем иное у Gastropoda, богатых Mn. Здесь совершенно ясна его локальная концентрация, прежде всего в печени (hepatopancreas) (табл. 190), а затем и в почках, например, у *Strombus gigas* и особенно у видов *Helicidae*. Все другие органы этих видов также богаты Mn, но это не выдерживается систематически и не имеет поэтому общего характера [см. анализы Fox, Ramage (1931); Boycott,

⁵⁰ Fox и Ramage (1931) спектроскопически исследовали Mn в следующих Gastropoda: *Patella vulgata*, *Archidoris*.

Cameron (1930) и др.]. Раковины Gastropoda, да и других Mollusca, за немногими исключениями, содержат Mn в очень малых количествах⁵¹. Andrée (1909) обнаружил Mn в раковинах *Limnaea ovata*, *Bythinia* и *Pisidium*.

В результате среди морских Gastropoda мы не можем сейчас указать виды или роды с характерным содержанием Mn, всегда исключительно богатые Mn, как это мы находим среди наземных Mollusca, например, Helicidae, отличающихся относительно большим содержанием Mn. Следует подождать новых данных. Но некоторая дифференциация в содержании Mn у разных Gastropoda все же намечается, как это можно заметить из приведенных анализов (см. табл. 187).

Марганец в Lamellibranchiata

Еще Lavini в 1835 г. указал Mn в золе биссуса *Pinna nobilis*. Особый интерес к вопросу о нахождении Mn в Lamellibranchiata возник в связи с находкой Krukenberg. В 1882 г. он обнаружил в конкременте боянусового органа *Pinna squamosa* много Mn. Krukenberg тогда же высказал некоторые предположения о возможной физиологической роли Mn в теле *Pinna squamosa*. Вскоре Griffiths (1892b), исследуя жидкость, которую он считал кровью из *Pinna squamosa*, и не найдя в ней обычных для крови Mollusca меди железа, нашел 0.35% Mn в сухом остатке. Butschli (1908), анализируя золу мантии *Anodonta cygnea*, находил до 2.47% Mn_2O_4 в золе. Новые пути в этом направлении были продолжены работами Bradley (1907a, в), которому действительно удалось обнаружить концентраторы Mn среди Mollusca, а именно пресноводных Unionidae. Эти работы вызвали большое внимание со стороны многих исследователей.

Bradley первый указал на исключительно высокое содержание Mn в тканях *Anodonta* и *Unio*.

Далее выяснилось, что содержание Mn у различных видов Lamellibranchiata имеет более значительный размах, чем, например, у Cephalopoda или даже у Gastropoda. Можно уже сейчас сказать, что, например, виды *Cardium*, *Ostrea*, *Tellina*, *Mya* и многие другие бедны Mn. И, наоборот, виды *Pecten*, *Dosinia*, *Cytherea* и другие богаты Mn. Наземные, пресноводные Unionidae, подобно тому как Helicidae среди Gastropoda, наиболее богаты Mn среди Lamellibranchiata (табл. 191).

Таблица 191
Содержание Mn в телах Lamellibranchiata* (в %)

Вид	Число анализов	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Место сбора	Автор
<i>Anomia ephippium</i>		0.00017	0.00088	0.00437	–	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Pectunculus glyceMERIS</i>	4	0.00058	0.00275	0.00992	–	Тот же
<i>Mytilus edulis</i> *	4	0.00023	0.01266	0.08440	–	"
	4	–	0.004**	–	Англия	Boycott, Cameron, 1930
	4	0.000150	–	–	–	Bertrand, Medigreceanu, 1913

⁵¹ Очень богаты Mn раковины Unionidae.

Таблица 191 (продолжение)

Вид	Число анализов	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Место сбора	Автор
<i>M. galloprovincialis</i>		0.00025	—	—	—	Dubuisson, Heuverswyn, 1931
<i>Pecten jacobaeus</i>	2	0.00202	0.01198	0.06099	—	Wang-Tai-Si, 1928
	2	0.001917**	—	—	—	Bertrand, Medigreceanu, 1923
<i>P. varius</i>		0.00239**	0.01799	0.05600	—	Wang-Tai-Si, 1928
<i>P. maximus</i>	5	0.000466	0.00376	0.01176	—	Тот же
	5	—	0.0050	—	Англия	Boycott, Cameron, 1930
<i>P. opercularis</i>		—	0.040**	—	"	Тот же
	4	0.000601	0.00466	0.01568	—	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Ostrea edulis</i>	4	0.000315	0.00149	0.00833	—	Тот же
	4	—	0.004	—	Англия	Boycott, Cameron, 1930
	4	0.0001	—	—	—	Bertrand, Medigreceanu, 1913
<i>Crassostrea angulata</i>		0.000649	—	—	—	Те же
<i>Crassostrea virginica</i>	4	0.0002**	—	—	—	Coulson, Remington, Levine, 1931
	4	0.00021	—	—	—	Peterson, Skinner, 1931
<i>Pinna pectinata</i>		0.0008**	—	—	—	Dubuisson, Heuverswyn, 1931
<i>Tellina crassa</i>	3	0.00074	0.00690	0.01112	—	Wang-Tai-Si, 1928
<i>T. tenuis</i>	4	0.00115	0.00371	0.02323	—	Тот же
<i>Mactra corallina</i>	3	0.00013	0.00123	0.00302	—	"
<i>Scrobicularia piperata</i>	3	0.00041	0.00301	0.00723	—	"
<i>Venus verrucosa</i>	4	0.00038	0.00166	0.00917	—	"
<i>V. mercenaria</i>	4	0.00026	0.00190	0.00803	—	"
<i>Tapes decussatus</i>	4	0.00016	0.00091	0.00547	—	"
		0.00071***	—	—	—	Dubuisson, Heuverswyn, 1931
		0.000109	—	—	—	Bertrand, Medigreceanu, 1913
<i>T. aureus</i>	2	0.00048	0.00309	0.01387	—	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Dosinia exoleta</i>		0.00693**	0.03372	0.1712	—	Тот же
<i>Cytherea chione</i>	2	0.00172	0.00794	0.0442	—	"

Таблица 191 (окончание)

Вид	Число анализов	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Место сбора	Автор
<i>Cardium edule</i>	4	0.00035	0.00266	0.01196	–	"
	4	0.000163	–	–	–	Bertrand, Medigreceanu, 1913
	4	Отсутствует	–	–	Англия	Boycott, Cameron, 1930
<i>C. norvegicum</i>		0.00001***	0.00005	0.00062	–	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Mya arenaria</i>	3	0.00008	0.00054	0.00212	–	Тот же
<i>Lutraria elliptica</i>	2	0.00050	0.00258	0.00821	–	"
<i>Solen siliqua</i>	4	0.00005	0.00026	0.00164	–	"
<i>Avicula hirundo</i>		0.0013	–	–	–	Dubuisson, Heuverswyn, 1931
<i>Donax tronchulus</i>	7	0.000287	0.00264	0.00614	–	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Unio sinuatus</i> **** (пресноводные)		0.00741	–	–	–	Bertrand, Medigreceanu, 1913
<i>Unio</i> sp.****		1.06	–	5.02	Миссисипи, США	Bradley, 1910a
<i>Anodonta</i> ****		1.04	–	4.8	То же	Тот же

* Качественно указан был Mn в *Mytilus edulis* Pichard (1898), Bradley (1907a).

** Maximum.

*** Без печени, мантии и жабр.

**** Пресноводные.

Остановимся несколько подробнее на этих фактах.

Pinna pectinata, *Pinna rudis* в целом не отличаются богатством Mn, а обычно богатый Mn у большинства Lamellibranchiata боянусов орган часто почти не содержит Mn. Отсюда мы должны допустить, что и *Pinna squamosa*, в которой впервые был найден Mn (в ее биссусе и крови), в общем не богата им. Ту же картину распределения Mn в органах наблюдаем примерно и у многих других видов: *Mya*, *Lutraria*, *Solen*, *Aplysia* (см. данные Phillips, 1917). Приведем несколько примеров, иллюстрирующих распределения Mn в отдельных органах Lamellibranchiata (см. табл. 186, 192).

У видов, богатых Mn, – *Dosinia*, *Cytherea*, отчасти, может быть, у видов *Pecten* и особенно *Anodonta cygnea* и *Unio* (пресноводные), у которых накопление Mn достигает высоких пределов, – Mn, несомненно, занимает особое место в их обмене. У них боянусов орган (почки) и печень содержат исключительно много Mn. На первом месте по содержанию Mn стоят почки. Может быть, функция этого органа, предохраняющая от накопления его в других органах этих Lamellibranchiata, состоит в выведении Mn. Поэтому, возможно, так часто находят в конкрециях этого органа то или иное количество Mn. Так, например, у бедной в общем Mn *Maetra helvetica* Wang-Tai-Si (1928) в почках (вместе с прекордиальными железами) нашел 0.567% Mn на сухое вещество. У *Modiola modiola* в нефридиальном органе, по Bradley (1910b), было около 0.1% Mn на сухое вещество. В прекордиальных железах (и почках) много Mn у *Cytherea chione* (в премускулярной конкреции – до 0.185% Mn в сухом веществе), *Venus verrucosa* и т. д. (см. табл. 191, 192). Наконец, у некоторых видов замечается концентрация Mn в мантии и жабрах, в частности у всех пресноводных Unionidae.

Таблица 192
Содержание Mn в различных органах Lamellibranchiata (в % сухого вещества)

Вид	Нога	Мышцы	Жабры	Половые органы		Мантия	Прекард. железа	Печень	Почки (боя- нусов орган)	Автор
				♂♂	♀♀					
<i>Mya arenaria</i>	-	0.00011	0.00063	0.00261		0.00173	-	0.00088	0.00173	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Pectunculus glycymeris</i>	-	0.00023	0.0022	0.00081		0.00177	0.0082	0.00078	-	Тот же
<i>Cardium edule</i>	0.00057	0.00085	0.00094	0.00103		0.00315	-	0.00426	-	"
<i>Mytilus edulis</i>	0.00138	-	0.00490	0.00289		0.00161	0.00704	0.0021	-	"
<i>Ostrea edulis</i>	-	-	0.00842	0.00067		0.00317	-	0.00131	-	"
	-	-	0.002	-		0.002	-	Следы	-	Fox, Ramage, 1931
<i>Pinna rudis</i>	-	0.00038	0.00140	0.00119		0.00105	-	0.00086	0.00677	Wang-Tai-Si, 1928
<i>P. pectinata</i>	-	-	0.00224*	-		0.00049*	-	-	-	Dubuisson, Heuverswuyt, 1931
	Нет	-	Нет	<0.0008		Нет	-	Следы	0.0008	Fox, Ramage, 1931
<i>Pecten maximus</i>	Нет	-	<0.008	0.002	<0.0008	Следы	-	<0.0008	>0.0008	Те же
	-	-	0.00142	-		0.00080	0.03125	0.000142	0.666	Wang-Tai-Si, 1928
<i>P. jacobaeus</i>	-	0.00016	0.0076	-		0.00382	-	0.01335	0.08739	Тот же
<i>Crassostrea angulata</i>	-	0.00166	0.001131	0.00714		0.00793	-	0.00473	-	"
<i>Cytherea chione</i>	-	0.0002	0.0022	0.00180		0.02552	-	0.06709	0.12336	"

* На живое вещество.

В пределах рода (и семейства), например, *Pecten* различное содержание Mn у разных видов сохраняется, по-видимому, более или менее постоянно; так, виды *Pecten jacoehaeus*, *Pecten varius* и другие богаты Mn, тогда как *Pecten maximus* относительно беден (по данным двух авторов). *Ostrea edulis* беднее Mn других Ostreidae [о Mn в них см. у Coulson (1933); Hodges, Peterson (1931)]. Из Veneridae оказались богатыми *Dosinia exoleta*, *Cytherea chione* и др. Дальнейшие наблюдения должны будут показать, насколько высокое содержание Mn характерно для них.

Познакомимся теперь несколько ближе с распределением Mn в тканях пресноводных Unionidae. Bradley (1908b), впервые подвергший исследованию многочисленных представителей Unionidae из разных мест США, нашел, что все они богаты Mn, а из некоторых мест содержат его в исключительно больших количествах⁵².

Bradley (1910b) определил Mn в отдельных органах Unionidae. Наиболее богатым оказался у них край мантии, что побудило Bradley высказать мысль, что Mn имеет значение в процессе дыхания этих Mollusca. Ему были известны работы Griffiths (1892b) (см. о пиннаглобине ниже) и Bütschli (1908). Исключительное богатство марганцем *Anodontae*, отличающее их в этом отношении от других Lamellibranchiata, было подтверждено ныне рядом исследователей, и мы имеем довольно ясную картину распределения Mn в тканях этих Mollusca.

Bertrand, Medigreceanu (1913) нашли 0.007% Mn в живом веществе *Unio sinuatus*, тогда как во всех других исследованных ими Mollusca было найдено в среднем значительно меньше Mn (см. табл. 191–193). Bütschli (1908), Weinland (1919) также находили много Mn в золе *Anodonta*⁵³. Bradley (1910b); Waele (1930); Heuverswyn (1930) на основании своих анализов считали, что исключительно богатыми Mn органами у Unionidae являются жабры и мантия. Анализы же других показывают, что, помимо этого, Mn богаты почки и печень. Это несогласие может быть связано с возрастом и временем сбора *Anodonta*. Так, например, зимой *Anodonta* вообще богаче Mn, чем летом, и т. п. Мы неоднократно обращали внимание на изменение содержания Mn, связанное с географической изменчивостью, что может иметь место и в данном случае.

Что касается крови Mollusca, то она содержит очень малое количество Mn. О значении присутствия Mn в крови в качестве переносчика кислорода впервые было сказано Griffiths. Он же и выделил Mn-органический комплекс [по Griffiths (1892b), аналогичный будто бы гемоглобину], так называемый пиннаглобин, из крови *Pinna squamosa* с 0.35% Mn. Уже Winterstein (1909) подверг сомнению существование Mn-органического вещества – переносчика кислорода в крови *Pinna*. Phillips в 1917 г. пытался проверить исследования Griffiths относительно существования пиннаглобина. Он смог лишь в осадке диализированной крови показать следы Mn. Окончательное выяснение этого вопроса принадлежит Henze (1926), который должен был признать, что Griffiths, вероятно, работал не с кровью *Pinna*, а с коричневой жидкостью из перикардиальной полости *Pinna*. Эта жидкость действительно содержала белок с 0.6% Mn. Никакими респираторными свойствами этот комплекс не обладал. По мнению Henze (1926), это вещество связано с нефридиальной системой *Pinna*.

Suto (1938) вновь вернулся к вопросу о пиннагобине Mollusca. Им было исследовано распределение Mn в разных тканях и органах *Atrina pectinata japonica* [*Pinna japonica* (см. табл. 186)]. Наибольшее количество марганца было в биссусе, а затем в железах мантии. В крови находились лишь следы марганца. Во всех органах было большое количество марганца. Из hepatopancreas путем диализа марганец не удавалось извлечь. Водный экстракт из hepatopancreas содержал марганец, который нахо-

⁵² Unionidae из области р. Миссисипи содержали в среднем 0.63% Mn сухого вещества, а Unionidae из области оз. Мадизоны – 0.5% Mn, соответственно первые были размером меньше, чем вторые.

⁵³ В мантии – 0.00247% Mn на живое вещество.

дился в виде белкового комплекса. De Waele (1930) в 100 г высушенной плазмы крови *Anodonta* нашел 91 мг Mn; в амебоцитах Mn не было; глобулин же содержал 0.35% Mn.

Таблица 193
Содержание Mn в органах Unionidae (в % сухого вещества)

Вид	Желудок	Нога (мышцы)	Яйца	Мантия	Жабры	Раковина	Печень	Почки	Автор
Unionidae	0.831	0.293	0.749	2.457	1.638	–	2.107	1.434	Bradley, 1910a*
<i>Anodonta cygnea</i>	–	0.0010	–	–	>0.008**	0.0008	0.004	–	Fox, Ramage, 1931***
	–	0.0013	–	–	>0.008**	0.008	–	–	Те же
	–	>0.008****	–	–	>0.008**	0.004	–	–	"
<i>Anodonta cygnea</i>	–	0.01143****	–	0.02201****	0.00726****	–	–	0.00726****	Heuverswyn, 1930****
	–	0.116	–	–	0.405	–	1.098	0.1156	De Waele, 1930****

* США: Миссисипи, Мэдисон и т. д.

** Знак > у Fox, Ramage (1931) указывает на очень высокое содержание Mn.

*** Англия: Ливерпуль, Шеффилд и др.

**** В % живого вещества.

***** Фландрия, Бельгия.

Wang-Tai-Si (1928) в крови *Mytilus edulis* нашел, что главная часть Mn находится в недифференцирующей части крови – в плазме 64%, а в белке 36% всего Mn. Все это показывает лишь, что и в крови *Mollusca* Mn присутствует в виде металлоорганического комплекса (Mn + белок). Респираторных функций этот комплекс не имеет. Данные Henze (1926) подтверждаются отчасти и характером распределения Mn в *Mollusca*. Таким образом, Mn имеет отношение скорее к нефридиальной системе органов, нежели к дыхательной, как думали Griffiths (1897) и Waele (1930).

Dubuisson, Heuverswyn (1931), убедившиеся сами в богатстве ткани жабр *Anodonta* Mn, подвергли их тонкому гистохимическому анализу. Оказалось, что пигментированная ткань в жабрах содержала 0.00463% Mn, а непигментированная – 0.0017% Mn. И далее, ткани тех же жабр, содержащие описанные автором конкреции (sphérules), содержали 0.272% Mn, когда последних было меньше – 0.166% Mn. Dubuisson, Heuverswyn, исследуя боянусов орган и жабры, находили spherules еще в большем количестве, пользуясь сильным увеличением. Они иногда собирались в целые агрегаты. Их наблюдали и раньше⁵⁴. Считали, что это конкреции, состоящие из Ca, Fe и органического вещества. Dubuisson, Heuverswyn (1930) нашли, что они содержат и Mn. Авторы полагают, что они попадают в соединительную ткань органов *Anodonta* и образуют здесь конкреции, которые далее могут поглощаться мигрирующими клетками, например, в жабрах. Затем происходит процесс потери конкреций этими клетками – клетки же (с частью Mn) дают начало пигментации. Конкреции удаляются, вероятно, через почки и другие органы. Возможно, эти sphérules являются резервами Mn. В этих исследованиях делается попытка разобраться в физиологической роли Mn у богатых им *Mollusca*.

После гибели *Mollusca*, богатых Mn, в областях их массового обитания происходит накопление Mn в известняках, образованных из их раковин. Этот процесс является одним из многочисленных примеров разнообразия геохимической роли

⁵⁴ С этими сферами до этого имел дело Letellier (1887b).

организмов. Раковины Unionidae, по Bradley (1906b), а также Döring (1872), содержат значительно больше Mn, чем другие Mollusca. Поэтому и анодонтовые известняки также содержат больше Mn, чем другие. В других раковинах Mn был найден в следах Chatin, Müntz (1895); Schmelck (1901) и другими в количествах от 0.01 до 0.5% Mn [см. у Tressler (1923); Bütschli (1908); Thompson, Wilson (1935)]⁵⁵.

Железо в Mollusca

О нахождении Fe в Mollusca стало известно в самом начале XIX в. после работ Vauquelin (1812), John (1814), Pasquier (1819), Erman (1816), которые обнаружили Fe в теле устрицы, ее раковине, в крови улитки – *Planorbis*, *Limnaea* и т. п. Многочисленные качественные и гистохимические пробы Schneider (1888), Cushny (1896) и других показали широкое распространение Fe во всех тканях Mollusca, особенно в их печени, жабрах и других органах. Затем позже спектроскопически было доказано присутствие Fe во всех без исключения тканях и органах Mollusca (табл. 194). Наконец, ряд систематических количественных определений Fe в Mollusca, произведенных Wang-Tai-Si (1928), Webb (1937) и другими, позволяет наметить в настоящее время некоторые особенности его распределения в различных видах. Порядок колебаний тот же, что и прежде, $n \cdot 10^{-3}\%$ в живом веществе (см. табл. 172).

Таблица 194
Содержание Fe в Mollusca (в %)

Вид	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
<i>Meretrix meretrix</i>	0.00414	0.01745	Oya, Shimada, 1933
<i>Ommatostrephes sloanipacificus</i>	0.00428	0.01917	Те же
<i>Haliotis japonica</i>	0.00265	0.0141	"
Пресноводные Unionidae*	–	0.1325	McHargue, 1927
<i>Venus mercenaria</i>	–	0.0711	Тот же
<i>Crassostrea virginica</i>	–	0.0208	"
	0.0061	–	Nilson, Coulson, 1939
<i>Ostrea lurida</i>	0.00494	–	Те же
<i>Crassostrea gigas</i>	0.00751	–	Daniel, 1920

* Смешанная.

Железо в Cephalopoda

Чем ближе мы знакомимся с распределением тяжелых металлов в органах Cephalopoda, тем более убеждаемся в том, что наибольшая концентрация металлов наблюдается в их органах с экскреторной деятельностью, например: в печени, в почках и т. д. (табл. 195). Это мы наблюдали для Mn, то же встретим и по отношению к Fe и некоторым другим металлам. Dastré, Florescu (1898) находили в печени *Octopus* 0.052% Fe в сухом веществе, тогда как во всех других тканях его было 0.002%. Железо было связано с органическим комплексом. Авторы считали,

⁵⁵ Содержание Mn во многих видах Unionidae и изучение его метаболизма в организме Mollusca кратко изложены V.T. Bowen.

что высокое содержание железа в печени Cephalopoda во всех других животных связано с окислительной функцией этого органа. Henze (1901a) выделил пигмент из печени *Octopus*, представлявший собой белковое вещество, содержащее, помимо железа (0.32%), фосфор и медь (0.48%). В сухом веществе печени Cephalopoda находилось от 0.076 до 0.632% железа (*Octopus*, *Sepia*, *Eledone*). Однако Schmidt-Nielsen, Flood (1926–1928) не обнаружили Fe в печени цефалопод *Architeuthis*, хотя там было 59 мг Cu в 100 г целого организма. Wang-Tai-Si (1928), например, в печени *Sepia officinalis* находил Fe от 0.009 до 0.025% на сухое вещество (в золе – до 0.375% Fe).

Таблица 195
Содержание Fe в разных органах Cephalopoda (в % сухого вещества), по Wang-Tai-Si, 1928

Вид	Целый организм	Мышцы	Жабры	Половые органы	Железы	Почки	Печень
<i>Octopus vulgaris</i> ♂♂	–	0.001	0.008	0.003	0.022	0.011	0.021
♀♀	–	–	0.007	–	0.014	–	0.035
<i>Sepia officinalis</i> ♂♂	0.0045*	–	0.007	0.009	–	0.008	0.018**
♀♀	–	0.001	0.005	0.009	–	–	0.013**
<i>Loligo vulgaris</i>	0.0018	–	0.006	–	–	–	–

* Пол не указан.
** Среднее для различных индивидуумов.

Moritz (1899), Biederman (1902) также находили много Fe в печени Cephalopoda. Содержание других металлов, в частности Cu, как увидим ниже, в печени Cephalopoda в десятки раз больше Fe.

Все другие ткани Cephalopoda содержат железа меньше; например, Griffiths нашел в мышцах *Sepia officinalis* 0.020% Fe на сухое вещество, и в мышцах *Octopus* – 0.021% Fe. Наиболее бедной железом является кровь Cephalopoda. Так, Vibra (1846), Harless (1847), Henze (1901b) вовсе не нашли железа в крови *Octopus* и *Eledone*. По Griffiths, в крови *Octopus* обнаруживаются лишь следы Fe. Железо в крови *Sepia officinalis* качественно обнаруживалось Schlossberger (1857).

Более полную картину распределения Fe в Cephalopoda можно составить по новым данным Wang-Tai-Si (1928). Они прекрасно иллюстрируют все вышесказанное о характере распределения Fe в отдельных органах этих моллюсков.

Несколько опережая наше изложение, мы должны заметить, что Cephalopoda содержат медь во всех органах, а в крови – в количествах, превышающих содержание Cu в тканях и в органах всех других морских организмов. Дыхательным пигментом у Cephalopoda является медьорганический комплекс – гемоцианин.

Но в то же время все органы и ткани Cephalopoda содержат и железо. Концентрация железа в их органах не замечалась. Так, например, в органах, подобных печени, обычно содержащих железо в больших количествах, к примеру, у многих Gastropoda, Lamellibranchiata; у Cephalopoda содержится значительно меньше железа. Таким образом, нахождение железа во всех тканях и органах Cephalopoda в среднем в обычных (или несколько ниже) для Mollusca количествах указывает на всеобщее значение Fe для организмов вне зависимости от характера кровяного дыхательного пигмента. О роли Fe в тканях Invertebrata см. ниже. Kamachi (1936) нашел в желтке у эмбриона Cephalopoda больше Fe, чем Cu. В яйцах *Sepia officinalis* Fe было найдено Dhéré. Известны старые указания на значительное содержание

Fe в так называемых чернилах *Sepia officinalis* [Prout (1815) и др.]. Более новые исследования чернил – содержимого чернильного мешка *Sepia* – не показывают сколько-нибудь заметного обогащения Fe.

Железо в Gastropoda

Все ткани и органы Gastropoda содержат железо, иногда в значительных количествах (табл. 197). Максимум содержания Fe приходится у них на печень (hepatopancreas) (табл. 198). Среди Gastropoda известны виды с наиболее высоким содержанием Fe, которое когда-либо наблюдалось у Mollusca. Представляет большой интерес проследить содержание Fe в тканях Gastropoda сравнительно с содержанием в них Cu, которая находится у огромного большинства Gastropoda в дыхательном пигменте крови, а следовательно, и в других тканях тела.

Качественные указания на присутствие Fe у Gastropoda встречаем у Schneider (1888), Goryunov von Besänez (1874–1875), Severy (1870), Fox, Ramage (1931), Griffiths и многих других (которые спектроскопически опробовали органы *Patella*, *Haliotis*, *Aplysia*, *Archidoris tuberculata*, *Aeolidia papillosa* и наземные *Helix aspersa*, *Helix pomatia*, *Arion ater* – последние три пресноводные). Erman (1816), как мы уже упоминали, указал на значительное содержание Fe в крови *Planorbis*.

Порядок содержания Fe в Gastropoda (табл. 196) примерно у всех испытанных видов более или менее один и тот же. Его заметно больше у Gasteropoda, чем у Serphalopoda. Наибольшие колебания Fe отмечаются у видов Helicidae (наземные), Pulmonata, что связано с разнообразием пищи и имеет лишь временный характер. Может быть следует отметить сравнительное богатство Fe у *Patella vulgata*, *Trochus crassus*, *Trochus ombicalis* (все – из Aspidobranchia), а также *Purpurea lapillus* и некоторых др. Для первых трех видов одновременно наблюдалось Wang-Tai-Si (1928) полное отсутствие в их органах и даже в печени меди. Кровяной пигмент этих видов не изучен, вероятно все же гемоцианин. С другой стороны, целый ряд Gastropoda, содержащих, как хорошо известно, в крови Cu (гемоцианин), например *Buccinum undatum*, *Murex trunchulus*, содержат мало Fe. Мало его и у *Aplysia* (как и других тяжелых металлов), кровяной пигмент которой не изучен.

Таблица 196
Содержание Fe в Gastropoda (без раковин) (в %)

Вид	Число анализов	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Автор
<i>Littorina littorea</i>		–	0.21	–	Delff, 1912
<i>L. littorea</i> *		–	0.20	0.23	–
	2	0.018	0.064	0.341	Wang-Tai-Si, 1928
<i>L. obtusata</i>	2	0.017	0.076	0.352	Тот же
<i>Patella vulgata</i>	8	0.027	0.107	0.758	"
<i>Haliotis tuberculata</i>	7	0.0065	0.030	0.138	"
<i>Trochus crassus</i>	2	0.015	0.065	0.263	"
<i>T. ombicalis</i>	2	0.020	0.090	0.345	"
<i>Murex trunchulus</i>	2	0.0176	0.047	0.192	"

Таблица 196 (окончание)

Вид	Число анализов	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Автор
<i>Buccinum undatum</i>	2	0.0028	0.009	0.083	"
<i>Purpura lapillus</i>	2	0.026	0.091	0.500	"
<i>Aplysia punctata</i>	4	0.004	0.047	0.075	"
		–	0.042	–	Phillips, 1917
<i>Strombus bituberculatus</i>		–	0.055	–	Тот же
<i>S. gigas</i>		–	0.066	–	"
<i>Fulgur perversus</i>		–	0.057	–	"
<i>Helix pomatia</i>		0.014	0.096	–	Meyer, 1914
		Присутствие			Weigelt, 1878
<i>H. pomatia**</i>	4	0.0025	0.010	0.048	Wang-Tai-Si, 1928
		–	0.002	–	Dastré, Florescu, 1898
<i>H. aspersa</i>	8	0.003	0.020	0.130	Wang-Tai-Si, 1928
<i>H. pisana**</i>	4	0.009	0.051	0.268	Тот же
		–	0.002	–	Dastré, Florescu, 1898
<i>Arion empiricorum**</i>		0.013	–	–	Bezold, 1847(?)
<i>A. flavus**</i>	2	0.002	0.011	0.041	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Planorbis corneus***</i>		0.028	–	–	Meyer, 1914
<i>Limnaea stagnalis***</i>		0.034	–	–	Тот же
		0.00	–	–	McHargue, 1924 (?)
<i>Limax agrestis***</i>		0.016****	–	–	Berthier, 1846

* С раковинной.
** Наземные.
*** Пресноводные.
**** FePO₄ = 0.05%.

Таблица 197
Содержание Fe в разных органах Gastropoda (в % сухого вещества)

Вид	Мышцы	Жабры	Мантия	Половые железы	Почки	Печень	Автор
<i>Haliotis tuberculata</i>	–	0.016	0.025	0.015	–	0.022*	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Helix aspersa**</i> (наземные)	0.022	–	–	0.081***	0.027	1.691	Тот же

Таблица 197 (окончание)

Вид	Мышцы	Жабры	Мантия	Половые железы	Почки	Печень	Автор
<i>Littorina littorea</i>	0.061	–	0.068	0.092	–	0.114	McCance, Shipp, 1993
* Среднее.							
** Наземные.							
*** Гермафродиты.							

Таблица 198
Содержание Fe в печени и мышцах Gastropoda (в % сухого вещества)

Вид	Количество анализов	Мускул (мышечная ткань)	Печень	Автор
<i>Amphineura</i>				
<i>Cryptochiton</i> sp.		0.83	(4.46)*	Albrecht, 1920–1921, 1923b
<i>Ischnochiton</i> sp.		0.83	(2.91)*	Тот же
<i>Gastropoda</i>				"
<i>Patella vulgata</i>	4	–	0.119	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Trochus crassus</i>		–	0.124	Тот же
<i>Littorina littorea</i>	2	–	0.058	"
<i>Purpura lapidus</i>	2	–	0.071	"
<i>Aplysia punctata</i>	4	–	0.078	"
		–	0.062	Phillips, 1917
<i>Limax</i> sp. (наземные)		0.0078	–	Boussingault, 1872b
<i>Fasciolaria gigantea</i>	2	–	0.080	Phillips, 1917
<i>Cassis</i> sp.	2	–	0.046	Тот же
<i>Strombus gigas</i>	2	–	0.144	"
<i>Haliotis</i>		0.93	(2.07)*	Albrecht, 1920–1921, 1923b
<i>Helix pomatia</i> (наземные)		–	0.066**	Barfurth, 1883
		0.0016***	0.015	Dastré, Florescu, 1898
		0.009	0.018	Wang-Tai-Si, 1928
<i>H. hortensi</i> (наземные)		0.0024***	0.015	Dastré, Florescu, 1898
* Очень высокие числа!				
** Среднее для нормальных улиток.				
*** Остаток тела без внутренних органов.				

Все, что известно в настоящее время о дыхательном пигменте Gastropoda, позволяет говорить о присутствии у них лишь одного пигмента – именно гемоцианина (содержащего Си и не содержащего Fe). Исключение представляют, как мы уже говорили выше, виды *Planorbis*, имеющие в крови красный пигмент, близкий к гемоглобину высших животных, открытый Lankester (1868), содержащий железо⁵⁶, что установил еще Егман (1816).

⁵⁶ Красная окраска крови *Planorbis corneus* была известна ранее.

Он отличен несколько, как впервые показал Sorby (1876), а затем многие другие (см. гл. XIX), от гемоглобина высших животных и относится сейчас к эритрокруоринам, красным пигментам, содержащим Fe, встречающимся в крови других *Invertebrata*, таких как *Vermes*, *Crustacea* и др. В крови *Gastropoda*, содержащих гемоцианин, обычно находили Fe лишь в следах [см. Boussingault (1872b), Gorup von Besáněz (1874–1875), Gatterer, Philippi (1933) и др.].

Однако гемоглобиноподобные пигменты и производные гемоглобина неоднократно находились в тканях других *Gastropoda*, но не в крови. Так, Lankester (1871) нашел в глоточном мускуле *Paludina* и *Limnaea* пигмент типа гемоглобина, в крови же *Paludina* находился гемоцианин; тот же гемоглобиновый пигмент содержится в мускулах *Littorina* и др. В печени *Helicidae* Sorby нашел другой пигмент – гелиококорубин, оказавшийся также, по исследованию Vegezzi (1916), Dhéré и др., Fesco-держущим порфирином. MacMunn (1886) указал на присутствие порфирина в *Arion ater*. Dhéré, Baumeier (1928) считают, что пигмент из тканей *Arion empiricorum*, действительно порфирин, но отличающийся, однако, от гематопорфирина высших животных. Для других видов *Arion* и *Limax* характер их тканевого пигмента не выяснен. Вызывает еще спор характер строения пигмента, содержащего железо, из раковины *Haliotis rufescens*, *Haliotis gigantea* и др., который, по мнению Dhéré, Baumeier (1930), Kodzuka (1921), также относится к ряду порфириновых тел, образующихся из пигментов печени (билирубина). Schulze, Becker (1931) не считают этот пигмент порфиринового характера, который ими был получен из *Haliotis californiensis*, а считают его близким к производным индиго⁵⁷, подобно пигменту из *Murex*; *Haliotis* содержит в крови гемоцианин. Наконец, в *Nudibranchia* находили пигменты с Fe.

Мы несколько задержались на вопросе о соединениях Fe с органическими веществами, находимыми в крови и теле *Gastropoda*. Наблюдения в этом направлении показывают, что обмен Fe у гемоцианинсодержащих *Gastropoda* в значительной степени связан с обменом производных порфиринового ряда.

Содержание Fe в раковинах *Gastropoda* обычно около 0.1% Fe зольного остатка. Встречающееся иногда высокое содержание Fe в раковинах обязано так называемым обрастаниям, в которых находятся, в частности, и железобактерии, концентрирующие Fe.

Железо в *Lamellibranchiata*

Содержание железа в теле различных *Lamellibranchiata* несколько более однообразно (табл. 199), чем это наблюдалось для *Gastropoda*, и в среднем может быть несколько ниже. Если исключить *Ostrea edulis* и *Mytilus edulis*, для которых наберется до двух десятков определений Fe, то в отношении других видов из *Lamellibranchiata* известны лишь единичные анализы. Поэтому некоторые определения Fe случайны и не проверены.

Но, несомненно, среди *Lamellibranchiata* существуют виды, не накапливающие Fe, бедные им, а также другие, его концентрирующие, в частности, в печени.

Качественно Fe находилось в органах и тканях *Lamellibranchiata* многими: Pasquier (1819); Schlossberger (1856); Chatin, Müntz (1894, 1895); Bradley (1904) и другими. Печень, а затем почки этих моллюсков являются наиболее богатыми Fe органами. Schlossberger (1865), Krukenberg (1882), а затем и другие указали на большое содержание Fe в конкрециях боянусова органа, например, у *Pinna squamosa*. Наиболее бедны Fe мышечная ткань, половые органы и т. д. При этом в мышечной

⁵⁷ Lemberg (1931) считает вопрос невыясненным. О Fe в *Haliotis* см. у Petree.

ткани, независимо от того, содержится ли в крови у данного Mollusca гемоцианин или эритрокруорин (гемоглобин низших животных), находятся одинаково равные количества Fe (табл. 200, 201).

Детальный просмотр данных по содержанию Fe в органах Lamellibranchiata позволяет выяснить, что очень часто у одних Lamellibranchiata накопление Fe идет параллельно с увеличением у них содержания Cu (и иногда Mn), и наоборот: у других известных видов при значительном содержании Fe совершенно отсутствует Cu (а иногда и Mn), а у третьих содержание Fe в органах низкое, а содержание других металлов (Cu, Mn) в среднем высокое.

Так, например, очень богаты Fe ткани *Pectunculus glyceris*, *Solen siliqua*, *Mya arenaria* и других при значительном содержании, например, в печени *Solen* Cu. Одновременно в прекордиальной железе у *Pectunculus*, *Mya* и других много Fe (в иных случаях, например, *Mastra* и другие собирают Mn). У *Pectunculus* и *Solen* дыхательным пигментом является эритрокруорин, содержащий Fe. Далее, у *Tellina* в целых организмах Wang-Tai-Si (1928) не нашел Cu. И в то же время известно о нахождении у *Tellinae* (*T. planata* и другие) также эритрокруорина.

Таблица 199
Содержание Fe в теле Lamellibranchiata (в %)

Вид	Число анализов	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Автор
<i>Osirea edulis</i>		–	0.0018		Dastré, 1898
<i>O. edulis</i>	5	–	0.0365	–	Chatin, Müntz, 1894
жабры	5	–	0.0668	–	Те же
		–	–	0.266	Griffiths, 1905
		–	0.016	–	Skinner, Sale, 1931
		0.0060	–	–	McCance, Shipp, 1933
	4	0.005	0.022	0.120	Wang-Tai-Si, 1928
	4	–	–	0.27	Albu, Neuberg, 1906
<i>Crassostrea virginica</i>		0.00314			Peterson, Elvehjem, 1928
		0.0104*	–	–	Coulson, Remington, Levine, 1932
		0.0057*	–	–	Goltsoff, 1934
<i>Mytilus edulis</i>		–	0.34	2.80	Brandt, Raben, 1919–1922
	2	–	0.21	–	Delff, 1912
мышцы		–	0.0036**	–	Henriques, Roche, 1927
		0.0058	–	–	McCance, Shipp, 1933
		0.003	0.014	0.097	Wang-Tai-Si, 1928
мышцы		–	–	0.21	Griffiths, 1905
<i>Anomia ephippium</i>		0.002	0.010	0.050	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Pectunculus glyceris</i>	4	0.003	0.017	0.057	Тот же
<i>Pecten jacoaheus</i>	2	0.006	0.038	0.197	"
<i>P. varius</i>	2	0.003	0.020	0.069	"
<i>P. maximus</i>	5	0.001	0.015	0.050	"
<i>Gryphea angulata</i>	4	0.002	0.016	0.057	"
<i>Tellina tenuis</i>	4	0.009	0.031	0.185	"
<i>T. crassa</i>	3	0.004	0.036	0.061	"

Таблица 199 (окончание)

Вид	Число анализов	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Автор
<i>Mactra corallina</i>		0.002	0.020	0.033	"
<i>Donax tronchulus</i>	7	0.001	0.011	0.026	"
<i>Strobicularia piperata</i>	3	0.005	0.047	0.093	"
<i>Venus verrucosa</i>	4	0.009	0.045	0.248	"
<i>V. mercenaria</i>		0.001	0.006	0.028	"
<i>V. mercenaria</i>		0.0	–	–	Meigs, 1915
мышцы					
<i>Tapes decussatus</i>	4	0.004	0.025	0.158	Wang-Tai-Si, 1928
<i>T. aureus</i>	2	0.011*	0.072	0.415	Тот же
<i>Dosinia exoleta</i>	4	0.018**	0.089	0.450	"
<i>Cytherea chione</i>	2	0.002	0.009	0.058	"
<i>Cardium edule</i>	4	0.002	0.016	0.075	"
мышцы		0.0039	–	–	McCance, Shipp, 1933
<i>Mya arenaria</i>	3	0.018*	0.113	0.417	Wang-Tai-Si, 1928
		–	1.225	–	Delff, 1912
мышцы		–	–	0.28	Griffiths, 1905
<i>Luiratia elliptica</i>	2	0.007	0.044	0.120	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Solen siliqua</i>	4	0.007**	0.032	0.205	Тот же
<i>Anodonta cygnea</i>		0.0357**	–	–	Bütschli, 1908
(наземные)					
<i>A. mutabilis</i> "		0.07	0.518	–	Meyer, 1914

* Мягкие части без жабр.
** Maximum.

Таблица 200

Содержание Fe в различных органах Lamellibranchiata (в % сухого вещества)

Вид	Мышцы	Жабры	Мантия	Половые органы	Почки	Печень	Автор
<i>Pectunculus glycymeris</i>	0.005	0.031	0.035	0.010	–	0.031	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Mytilus edulis</i>	0.006	–	0.033	0.010	–	0.140	Тот же
<i>Pecten jacobaeus</i>	0.002	0.087	0.022	–	0.097	0.042	"
<i>Grypfica angulata</i>	0.003	0.013	0.030	0.005	–	0.015	"
<i>Mactra helvetica</i>	0.003	0.007	0.017	0.008	0.051	0.049	"
<i>Donax tronchulus</i>	0.004	0.008	0.027	–	–	0.050	"
<i>Solen siliqua</i>	–	0.017	0.041	0.040	0.138	0.066	"
<i>Mya arenaria</i>	0.005	0.037	0.024	0.018	0.043	0.044	"
<i>Lutraria elliptica</i>	–	0.038	0.050	–	–	0.017	"
<i>Cytherea chione</i>	0.003	0.030	0.023	0.018	0.044	0.032	"
<i>Pecten maximus</i>	0.007	0.017	0.0075	0.3	–	–	McCance, Shipp, 1933

Таблица 200 (окончание)

Вид	Мышцы	Жабры	Мантия	Половые органы	Почки	Печень	Автор
<i>Cardium edule</i>	0.0147	0.044	0.113	–	–	–	Wang-Tai-Si, 1928
	0.008	0.009	0.015	0.020	–	0.047	
<i>C. norvegicum</i>	–	0.022	0.028	–	–	0.063	

Таблица 201
Содержание Fe в печени Lamellibranchiata (в % сухого вещества)

Вид	Остаток тела	Печень	Автор
<i>Ostrea edulis</i>	0.0018	0.011	Dastré, 1898
<i>Pecten jacobaeus</i>	0.004	0.020	Тот же
<i>Mytilus edulis</i>	–	0.016	"
<i>Tivella stultorum</i> *	(1.07)	(0.64)	Albrecht, 1920–1921, 1923b
<i>Lottia gigantea</i> (?)*	(1.13)		Тот же

* Мышцы.

Однако связь между количеством Fe в тканях и нахождением эритрокруорина в крови Lamellibranchiata недостаточно ясно выступает. Наоборот, иногда виды, содержащие в крови гемоцианин, не менее богаты Fe, чем виды с гемоглобином (например, *Venus* и др.). Может быть, здесь имеют место сезонные или какие-либо другие влияния. Все же виды, подобные *Dosinia*, *Venus*, *Tapes*, *Cardium* и другим, при сравнительно высоком иногда содержании Fe отличаются от *Solen*, *Pectunculus* и других одновременно очень высоким содержанием также и Cu. Представляло бы большой интерес систематическое определение содержания Fe в органах тех Mollusca, в которых находится или которым приписывается нахождение в их крови эритрокруорина, а именно: *Area barbata*, *Area trapezia*, *Area pixata*, *Area tetragona*, *Area inflata*, *Pectunculus pilla*, *Pectunculus glycymeris*, *Pectunculus violacescens*, *Solen legumen*, *Solecurtus stritigillatus*, *Paramya cardita (aculeata?)*, *Tellina planata*, *Tellina capsa fragilis (Neomenimorpha?)* и, вероятно, многих других (см. об эритрокруорине в Mollusca гл. XIX). Anisomyaria (современные морские формы) в противоположность остальным не имеют видов, которые содержат железосодержащий пигмент в крови. Эти виды типично морские и по характеристикам своей крови они близки к Cephalopoda.

Содержание Fe в Mollusca в течение времени (и посезонно) колеблется. Это следует из некоторых наблюдений над *Ostrea edulis*. В частности, с увеличением количества Fe (а у других Cu) в *Ostrea edulis* связывали появление у них зеленой окраски⁵⁸. Kohn (1896, 1898) нашел, что содержание Fe в «зеленых устрицах» (французских, немецких, американских) не пропорционально их окраске и колебалось от 1.8 до 4 мг в 6 устрицах.

На концентрацию Fe (вместе с Mn и Cu) в так называемых sphérules пигментированных тканей *Anodonta* обратили внимание Dubuisson, Heuverswyn (1931). Наконец, следует упомянуть о той легкости, с какой Fe извлекается из растворов (среды) моллюсками (см. Ranson).

⁵⁸ Некоторые исследователи связывали окраску с пигментом диатомовых, хлорофиллом, другие – с содержанием Cu.

Медь в *Mollusca*

Нахождение меди в организмах было известно алхимикам⁵⁹. В самом начале XIX в. John (1814) и особенно Sarzeau (1830) указывали ее в различных организмах. В морских организмах, а именно в *Mollusca*, медь была найдена почти одновременно: В. Vizio в 1833 г. в различных видах, а через три года Bouchardat (1837) в *Mytilus edulis*. Эти наблюдения были достаточно известны в научных кругах того времени в Европе⁶⁰. Работы Vizio, представляющие собой исключительный интерес, не потерявшие значения и до сих пор, были, однако, вскоре забыты. Лишь через 47 лет, после появления целого ряда новых работ, показавших широкое распространение меди в организмах, его сын G. Vizio вновь опубликовал в 1879–1881 гг. забытые исследования отца. К этому времени было уже известно открытие Harless (1847), Vibra (1846) меди в крови *Cephalopoda* и *Helix pomatia* – открытие, определившее надолго все дальнейшее направление исследований над распространением меди в животных организмах и ее физиологической роли. Изучение физиологической роли Cu получило развитие в последние годы благодаря работам Fischer, Hilger (1923) и др.

Исследование по биохимии Cu в *Mollusca* и других организмах, начатое, таким образом, почти 100 лет назад, неослабно продолжается и по сие время. С раскрытием формулы гемоглобина и других порфиринов, выяснения связи порфиринового обмена с медным придали вопросу о Cu в организмах более широкое биологическое значение, привлекавшее внимание со всех сторон науки.

Ниже мы должны будем ограничиться рассмотрением лишь нахождения Cu в *Mollusca*. В отдельной главе (XIX) мы вернемся к кровяным дыхательным пигментам *Invertebrata*, прежде всего к содержащим Cu – гемоцианину и др. Там же мы ближе познакомимся и с распределением этих металлсодержащих пигментов в разных представителях беспозвоночных. С геохимической точки зрения это важно потому, что косвенно указывает на участие тех или иных *Invertebrata* в миграции Cu или других металлов.

Таблица 202
Толерантность *Mollusca* к меди (по Marks, 1938)

Вид	Количество Cu, добавленное на 1 кг морской воды (в мг)				
	0	0.05	0.10	0.15	0.20
	Время выживания, дни				
<i>Acmea scabra</i> var. <i>limatula</i>	16*	–	3*	–	3*
<i>Fusinas kobelti</i>	60	–	60	–	8*
<i>Astraea undosa</i>	30	14*	5*	–	5*
<i>Ischnochiton conspicuus</i>	60	–	60	10*	3*
<i>Mytilus californica</i>	30	–	60	30	2*
<i>M. edulis</i>	35	–	35	–	17*
<i>Tegula gallina</i>	60	60	15*	–	8*
<i>T. viridula</i> var. <i>ligulata</i>	60	60	25*	–	18*
<i>Paphia staminea</i> var. <i>laciniata</i>	100	–	–	–	–

* Погибли в конце этого периода.

⁵⁹ См. у Margraff (1768); допускал ее нахождение в растениях и Hierne (1735).

⁶⁰ О работах В. Vizio см. рефераты в Journal de Chim. Med., 1833, no. 10, p. 102.

Интересные наблюдения произвел Marks (1938) над толерантностью разных Mollusca к различным концентрациям Cu (табл. 202). Он показал, что количество Cu в Mollusca меняется с их размерами и возрастом. Так, например, у *Octopus bimaculatus* (Cephalopoda) количество Cu растет с весом по линейному закону, т. е. концентрация Cu практически остается постоянной. У *Haliotis fulgens*, *Haliotis cracherodia*, *Haliotis rufescens*, а также *Helix aspersa* количество Cu увеличивается с возрастом, а концентрация ее оказывается более высокой у больших экземпляров (более старых). У *Mytilus californica* с возрастом (respese – увеличением размера) содержание Cu падает. Marks (1938) помещал различных Mollusca в морскую воду с различным содержанием Cu (от 0 до 0.20 мг Cu в 1 кг воды) и наблюдал, какие Mollusca переносят наибольшие концентрации Cu (дольше выживают). Наиболее толерантной к Cu оказалась *Paphia staminea var. laciniata*, выжившая 30 дней при концентрации 10 мг Cu в 1 кг воды, тогда как, например, *Haliotis fulgens*, *Astrea undosa* и другие погибали через 3–5 дней при концентрации Cu 0.1 мг в 1 кг воды. Gaarder (1932) находил, что содержание Cu 0.02 мг в 1 л воды уже неблагоприятно отзывалось на развитии *Astrea*.

Медь в Cephalopoda

Erman в 1816 г. наблюдал голубую окраску крови у Cephalopoda (например, у *Sepia*). А в 1833 г. В. Vizio уже указывал на присутствие меди в тканях *Sepia officinalis* и, в частности, тогда же первый высказал мнение, что у них Cu связана с органическим веществом. Работы В. Vizio, как мы уже говорили, были забыты. В 1847 г. Harless, Vibra (1846) открыли в крови, печени и других органах Cephalopoda, а именно у *Eledone*, медь и не нашли в ней железа. Они полагали, что Cu в крови Mollusca связана с белками. Вслед за нахождением Harless (1847) и Vibra (1846) Cu в крови Mollusca, ее качественно находят Schlossberger (1854–1856, 1857), Gorup von Besánez (1874–1875) и др. Наибольшее внимание привлекает изучение кровяного дыхательного пигмента Cephalopoda и других Mollusca, сообщившего их крови голубую окраску и, как стало вскоре ясным, содержащего Cu.

Frédéricq (1878с) удалось первому выделить пигмент, содержащий медь, из крови Invertebrata, которому он дал название гемоцианин. Все Cephalopoda в крови содержат гемоцианин. Несомненно, это влияет, в свою очередь, на общее содержание Cu в тканях и органах. Harless (1847) и Vibra (1846) тогда же дали количественное определение Cu в печени *Eledone*, где ее оказалось на золу печени 1.12%. В дальнейшем из работ Henze (1901b) и других выяснилось, что печень Cephalopoda является наиболее богатым органом в смысле содержания меди. Henze весьма подробно изучал характер нахождения Cu в печени *Octopus vulgaris*. Он показал, что Cu находится в соединении с органическим веществом, которое извлекается различными растворителями и содержит до 0.48% Cu; нуклеопротеид из hepatopancreas содержал 0.96% Cu. Содержание Cu в печени с возрастом Cephalopoda, по-видимому, увеличивается (как и содержание железа). Schmidt-Nielsen, Flood (1926–1928) нашли 84.5 мг Cu в 100 г сухой печени *Architeuthis dux*.

Далеко еще не полную картину распределения меди в различных других органах Cephalopoda мы можем представить на основании работ главным образом Wang-Tai-Si (1928), Cunningham (1931). Эти данные настолько, однако, интересны, что мы их приводим почти полностью (табл. 203, 204).

Таблица 203
Содержание Cu в Mollusca (в %)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Место сбора	Автор
<i>Ostrea edulis</i>						
minimum		0.004	–	–	Великобритания	Orton, 1924
maximum		0.1000	–	–	"	Тот же
зеленые		0.330	–	–	"	"
minimum		0.025	–	–	"	Kohn, 1898
maximum		0.0352	–	–	"	Тот же
<i>Ostrea lurida</i>		0.001240	–	–	США, Тихий океан	Nilson, Coulson, 1939
<i>Crassostrea virginica</i>		0.0158	–	–	Нью-Йорк, Мериленд, США	Hiltner, Wichmann, 1919
maximum		0.0017	–	–	То же	Те же
среднее	16	0.0081	–	–	"	"
maximum		0.1487	–	–	США	Elliot, 1915*
minimum		0.002	–	–	То же	Тот же
maximum		1.0161	–	–	Нью-Йорк, США	"
minimum		0.0029	–	–	То же	"
среднее	13	0.0073	–	–	"	"
maximum		0.0539	–	–	Коннектикут, США	"
minimum		0.0064	–	–	То же	"
среднее	37	0.0225	–	–	"	"
maximum		0.0214	–	–	Мэриленд, США	"
minimum		0.0028	–	–	То же	"
среднее	14	0.0098	–	–	"	"
maximum		0.0089	–	–	Джорджия, Нью-Йорк, США	"
minimum		0.0024	–	–	То же	"
среднее	20	0.0119	–	–	Джорджия, Нью-Йорк, США	Elliot, 1915
maximum		0.003	–	–	Нью-Йорк, Мериленд, США	Black, 1915*
minimum		0.0006	–	–	То же	Тот же
среднее	10	0.0016	–	–	"	"
maximum		0.3262	–	–	Нью-Йорк, Масс., США	Harrison, 1915*
minimum		0.0016	–	–	То же	Тот же
среднее	13	0.0079	–	–	"	"
maximum		0.0131	–	–	Масс., США	Feldstein, 1917*
minimum		0.0008	–	–	То же	Тот же
среднее	10	0.0031	–	–	"	"
зеленые	3		–	2.72	Нью-Джерси, США	Nelson, 1915
<i>Crassostrea virginica</i>	2	0.00313	0.0231	0.487	США	Nelson, 1925

Таблица 203 (продолжение)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Место сбора	Автор
					США, Атлант. океан	McHargue, 1924 Nilson, Coulson, 1939
<i>Crassostrea gigas</i>		0.001230	–	–	Япония	Те же
<i>Pecten maximus</i>	Мантия	–	–	0.007	Великобритания	Webb, 1937
<i>Pecten fumatus</i>		0.00001	–	–	Австралия	Clements, Hutchison, 1939
<i>Pecten circularis laquisulcatus</i>		0.00031	0.00240	–	США, Тихий океан	Marks, 1938
<i>Modiola modiola</i>	Гонады	–	–	0.008	Великобритания	Webb, 1937
<i>Aeolidia papillosa</i>		–	–	0.015	"	Тот же
<i>Pleurobranchus plumula</i>		–	–	0.02	"	"
<i>Purpura lapillis</i>		–	–	0.6	"	"
<i>Helix aspersa</i>		0.00163	0.0107	0.6	США, Тихий океан	Marks, 1938
		0.0108	0.0561			Тот же
<i>Helix pomatia</i>	Кровь	0.0033	–	–	–	Guillemet, Sigot, 1933
<i>Archidoris britannica</i>	Весь организм	0.0024	–	–	Великобритания	McCance, Masters, 1937
	Внутренние органы	0.015	–	–	"	Те же
	2	0.00156	–	0.02	"	Webb, 1937 McCance, Shakleton, 1937
<i>Archidoris montereyensis</i>		0.00013	0.00059	–	США, Тихий океан	Marks, 1938
<i>Archidoris undosa</i>		0.00080	0.00283	–	"	Тот же
<i>Littorina littorea</i>	Конечность	0.00177	–	–	Великобритания	McCance, Shakleton, 1937
	Гонады, печень	0.00252	–	–	То же	Те же
		–	–	0.6	"	Webb, 1937
<i>Littorina littoralis</i>	Конечность	0.00437	–	–	"	McCance, Shakleton, 1937
<i>Littorina littoralis</i>	Гонады, печень	0.00913	–	–	Великобритания	McCance, Shakleton, 1937
<i>Littorina neritoides</i>		0.0102	–	–	"	Те же

Таблица 203 (продолжение)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Место сбора	Автор
<i>Littorina rudis</i>	Конечность	0.0031	–	–	"	"
	Гонады, печень	0.0081				
<i>Lacuna vinetta</i>		0.0081	–	–	"	"
<i>Patella vulgata</i>		0.00097	–	–	"	"
<i>Patella athletica</i>	Без радулы	0.00067	–	–	"	"
<i>Calliostoma zizyphinum</i>	Конечность	0.0054	–	–	"	"
	Гонады и печень	0.0110	–	–	"	"
<i>Buccinum undatum</i>	Конечность	0.00055	–	–	"	"
	Гонады и печень	0.0548	–	–	"	"
<i>Nucella lapillus</i>	Конечность	0.0015	–	–	"	"
	Гонады и печень	0.0053	–	–	"	"
<i>Scaphander lignarius</i>		0.00050	–	–	"	"
<i>Aplysia punctata</i>	Без радулы	0.0007	–	–	"	"
<i>Jorruna tormentosa</i>		0.00216	–	–	"	"
<i>Polypus bimaculatus</i>		0.00315	0.0156	–	США, Тихий океан	Marks, 1938
<i>Astrea</i> sp.		0.00126	0.00434	–	То же	Тот же
<i>Chione undatella</i>		0.00012	0.00094	–	"	"
		0.00020	0.00124	–	"	"
<i>Donax gouldii</i>		0.00006	0.00041	–		
		0.00007	0.00044	–	"	"
<i>Ischnochiton conspicuus</i>		0.00037	0.00103	–	"	"
		0.00025	0.00097	–	"	"
		0.00028	0.00108	–	"	"
<i>Navanax inermis</i>		0.00044	0.00498	–	"	"
<i>Mytilus edulis</i>		0.00023	0.00017	–	"	"
		0.00037	0.00238	–	"	"
		–	0.0012	–	США	McHargue, 1924
<i>Mytilus obscurus</i>		0.00002	–	–	Австралия	Clements, Hutchinson, 1939

Таблица 203 (окончание)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Место сбора	Автор
<i>Paphia staminea</i> var. <i>laciniata</i>		0.00021	0.00168		США, Тихий океан	Marks, 1938
		0.00018	0.00144	–	То же	Тот же
		0.00018	0.000148	–	"	"
		0.00024	0.00238	–	"	"
<i>Tegula gallina</i>		0.00061	0.00203	–		
<i>Tegula viridula viligulata</i>		0.00061	0.00230	–	"	"
		0.00031	0.00325	–	"	"
		0.00032	0.00593	–	"	"
<i>Tivela crassatelloides</i>		0.00021	0.00119	–	"	"
		0.00023	0.00139	–	"	"
<i>Venus mercenaria</i>		–	0.0016		США	McHargue, 1924
<i>Saxostrea commercialis</i>		0.00003	–	–	Австралия	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Loligo</i> sp.		–	0.0158	–	–	Bertrand, 1943c

* См. Hiltner, Wichmann, 1919.

Таблица 204
Содержание Cu в печени Cephalopoda (в %)

Вид	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Автор
<i>Octopus vulgaris</i>	–	0.762*	–	Henze, 1901b
♂♂	0.0137	0.0428	0.568	Wang-Tai-Si, 1928
♀♀	0.0150	0.0410	0.708	Тот же
<i>Eledone</i> sp.	–	0.190	–	Henze, 1901b
	–	–	1.12	Harless, 1847
<i>Sepia officinalis</i>	–	0.32	–	Henze, 1901b
	0.036	0.120	1.0980	Wang-Tai-Si, 1928

* Maximum.

Качественно Cu в Cephalopoda указали Fox, Ramage (1931) для *Loligo fobesii* и др. Медь присутствует во всех органах Cephalopoda. Содержание Cu в печени превалирует над содержанием железа (Mn очень мало). Та же картина и по отношению к другим органам Cephalopoda: очень часто меди больше, чем железа.

Наиболее бедными медью оказываются мускулы, где относительно больше железа, – наблюдения, еще раз подтверждающие физиологическое значение Fe и для организмов, имеющих гемоцианиновую кровь. В яйцах *Eledone* медь была найдена еще Harless (1847) и Vibra (1846).

В яйцах *Sepia officinalis* Dubois нашел до $8 \cdot 10^{-40}\%$ Cu в свежем веществе. По Wang-Tai-Si (1928), в яйцах *Sepia officinalis* было до $2 \cdot 10^{-40}\%$ Cu на свежее вещество (до $5 \cdot 10^3\%$ в золе), тогда как отдельно в их скорлупе меди не было найдено. Ranzi (1935) обнаружил значительное количество Cu в эмбрионе *Sepia officinalis*, а Kamachi (1936) в эмбрионе *Loligo bleekeri* находил от $1.9 \cdot 10^{-3}$ до $2.9 \cdot 10^{-3}\%$ Cu. Медь находится во внутреннем содержимом яиц, тогда как Fe и Mn – в оболочках. Исключительно много нашла Cu Cunningham (1931) в чернильном мешке *Octopus* – почти 1 г в 1 кг сухого вещества. Она высказывала предположение о возможности участия Cu в образовании меланина (чернил) путем каталитического окисления медью некоторых органических соединений. Wang-Tai-Si (1928) не находил Cu в мешке с чернилами у других Cephalopoda. Saccardi (1934) указывает на нерегулярность содержания Cu в чернилах *Sepia* (равно как Fe и S).

Мы уже говорил выше, что Cu была найдена в крови у всех исследованных Cephalopoda, а именно: у различных видов *Octopus*, *Loligo*, *Eledone*, *Sepia*. Находится она в виде Cu-органического соединения гемоцианина. Находили частично Cu и в виде ионов в растворе крови (табл. 205).

Содержание всей Cu в крови Cephalopoda в несколько раз превышает содержание ее в крови других Mollusca и Crustacea. В соответствии с этим у Cephalopoda в крови и больше гемоцианина (табл. 206).

Таблица 205
Содержание Cu в различных органах Cephalopoda (в % сухого вещества)

Вид	Мышцы	Кишечник	Жабры	Пищевые железы	Половые органы	Кожа	Чернильный мешок	Почки	Печень
<i>Octopus vulgaris</i> ♂♂	0.0003	0.005	0.0036	0.001	0.0006	–	–	0.007	0.043
♀♀	–	0.005	0.002	0.001	–	–	–	0.011	0.040
<i>C. vulgaris</i> *	0.001	–	–	–	–	0.010	0.091***	–	–
<i>Loligo vulgaris</i> **	–	–	–	–	0	–	0	–	–
<i>Sepia officinalis</i> ♂♂	–	0.0025	0.0015	–	0.002	–	0	0.004	–
♀♀	0.0002	–	0.001	–	0.002	–	0	–	–

* Анализы Cunningham (1931); остальные анализы Wang-Tai-Si (1928).

** Целиком содержит (из 4 определений в среднем) 0.0016% Cu.

*** Медь не присутствует в меланине.

Таблица 206
Содержание Cu в крови Cephalopoda

Вид	Мг на 100 см ³ крови	% золы крови	Автор
<i>Octopus vulgaris</i> (6)*	22.2	–	Dhéré, 1900, 1903
	–	0.17	Griffiths, 1905
	34.2	–	Henze, 1901
<i>Sepia officinalis</i>	–	0.17	Griffiths, 1905

Таблица 206 (окончание)

Вид	Мг на 100 см ³ крови	% золы крови	Автор
	23.7	–	Burdel, 1922
<i>Loligo</i> sp.	–	0.20	Griffiths, 1905
<i>L. pealei</i>	25.4	–	Redfield, Coolidge, Montgomery, 1928

* Число определений.

Dhéré, изучавший газовый обмен у Cephalopoda, дыхательную функцию гемоцианина, показал в свое время, что Cephalopoda имеют газовый обмен, значительно более интенсивный, чем все другие Mollusca, соответственно большему содержанию гемоцианина и меди в их крови. Свойства гемоцианина Cephalopoda, как мы увидим ниже, отличны от гемоцианина других Invertebrata. Гемоцианиновая кровь Cephalopoda имеет наиболее совершенный механизм для адсорбции кислорода по сравнению с другими гемоцианинсодержащими организмами. В этом смысле гемоцианин крови Cephalopoda достигает наивысшего совершенства.

Концентрация меди в их крови наиболее высока, в несколько раз превышает содержание Cu у других Mollusca. Cephalopoda в известном смысле – медные организмы. Весь их обмен всецело зависит от достатка меди в пище.

Вода современного моря содержит $2 \cdot 10^{-6}\%$ Cu. Нахождение меди такого же порядка в солевых отложениях моря, приурочиваемых к различным возрастам и т. п., показывает, что порядок содержания Cu в морской воде, по крайней мере в геологическом времени, колебался мало. Пищей Cephalopoda были другие Invertebrata, также содержавшие гемоцианин и, следовательно, Cu. Содержали ли Cu в крови и другие сейчас вымершие Cephalopoda – палеозойские аммониты, мезозойские белемниты, достигшие большого распространения, имевшие тело больших размеров? С большей вероятностью мы должны допустить содержание в их крови также гемоцианина. Во всяком случае, все без исключения современные более организованные Cephalopoda имеют в крови гемоцианин.

Медь в Gastropoda

Erman (1816), по-видимому, первый обратил внимание на голубую окраску крови улитки *Helix pomatia*, связанную, как позже было выяснено, с гемоцианином – дыхательным пигментом, содержащим Cu. Медь в Gastropoda была найдена и определена количественно В. Bizio (1833) в *Murex*: 4.2% CuO в золе и 0.01% CuO в золе ее мускула. Harless (1847) и Bibra (1846) позже нашли Cu в золе крови *Helix pomatia*. Эта пресноводная улитка стала на долгое время классическим объектом исследований на Cu. Вслед за работой Harless появились многочисленные определения Cu в Gastropoda, а затем и в других Mollusca. За короткое время нахождение Cu в Helicidae было подтверждено, например, в исследованиях Wicke (1863), Ulex (1865), Siegelt (1873), Giunti (1879), Church (1892), Lehmann (1895) и позже Muttkowski (1921a), Zanda (1924), Guillement, Sigot (1933), Chanoz и многих др. Количественные данные, сюда относящиеся, для сравнения с содержанием Cu в морских Gastropoda частично приведены в таблице 207. Качественные указания на присутствие Cu в морских Gastropoda имеются у Bizio (*Cerithium vulgatum*, *C. aluacaster*, *Cossidaria echinophora*), затем у Griffiths; Fox, Ramage (1931) и многих др.

Количественные определения Cu в морских Gastropoda сведены в таблицу 207 [см. также Guillement, Sigot (1933) для *Helix*]. Они, как это видно из таблицы, не обширны.

Между тем нахождение Cu в достаточно заметных количествах, несомненно, во всех *Gastropoda*, поскольку за исключением *Planorbis* все остальные виды содержат, как думал еще Cuenot (1891), в крови гемоцианин. Из приведенных данных видно, например, что Cu одними авторами находилась в определенном виде, другими – не обнаруживалась. Несомненно, это связано со временем сбора организмов. Известны наблюдения о периодичности в накоплении Cu, например, печенью *Mollusca*. Систематические наблюдения в этом направлении выясняют в дальнейшем распределение Cu у отдельных видов *Gastropoda* в связи с временами года. Сейчас с известной осторожностью следует обратить внимание на то, что виды *Patella*, *Haliotis*, *Trochus* и другие *Aspidobranchia* если и содержат Cu, то очень мало. Wang-Tai-Si (1928) не мог у них во многих случаях обнаружить Cu. Наоборот, *Littorina*, *Murex*, *Purpurea*, *Buccinum* и другие *Pectinibranchia* содержат ее относительно много. Много Cu и у *Helicidae*. Органом, наиболее богатым Cu, является печень. К осени, по отдельным наблюдениям, концентрация Cu в печени некоторых *Mollusca* увеличивается (табл. 208).

Содержание Cu в других органах *Gastropoda* почти не исследовано. Мышечная ткань содержит минимальное количество Cu, что следует из первого анализа Bizio (1833) для мускула *Murex brandaris*, затем из анализов Wang-Tai-Si (1928). Максимум Cu найден в крови *Gastropoda*, причем сейчас совершенно ясно, что кровь *Gastropoda*, содержащих гемоцианин, содержит Cu больше, чем какие-либо другие тяжелые металлы, например, Zn, Fe. В так называемом «гемосикотипине» из крови *Sycotypas canaliculatus* (по-видимому, являвшемуся смесью кровяных белков, гемоцианина и т. п.), выделенном Mendel, Bradley (1905), содержались Zn и Cu.

Таблица 207
Содержание Cu в телах Amphineura и Gastropoda (в %)

Вид	Число анализов	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Место сбора	Автор
<i>Amphineura</i>						
<i>Cryptochiton stellen</i>	17	0.00025			Зал. Мун, тихоокеанское побережье	Severy, 1923
<i>Gastropoda</i>						
<i>Patella vulgate</i>	8	0	0	0	Атлант. океан, берег Франции	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Haliotis tuberculata</i>	1	0.00012	0.00083	0.00295	То же	Тот же
<i>Trochus crassus</i>	2	0	0	0	"	"
<i>T. omhicalis</i>	2	0	0	0	"	"
<i>Littorina littorea</i>	2	0.00040	0.00145	0.00757	"	"
<i>L. ohtusa</i>	2	0.00043	0.00192	0.00785	"	"
<i>Murex tronchuius</i>	2	0.00211	0.00555	0.02307	"	"
<i>M. brandaris</i>		–	–	3.38	Средиземное море	Bizio, 1833
<i>Buccinum undatum</i>	2	0.00785	0.0253	0.234	Атлантический океан	Wang-Tai-Si, 1928
<i>B. sp.</i>		–	0.0115	–	–	Chapman, Linden, 1926

Таблица 207 (окончание)

Вид	Число анализов	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Место сбора	Автор
<i>Purpura lapillus</i>	2	0.00097	0.00344	0.01377	Атлантический океан	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Aplysia punctata</i>	4	0.00037	0.0044	0.00672	То же	Тот же
<i>Haliotis striata</i>	2	–	0.00125	–	–	Phillips, 1917
		0.004	–	–	–	Dubois, 1900
<i>H. crackerodia</i>	5	0.00008	–	–	Залив Мун, тихоокеан. побережье	Severy, 1923
<i>Strombus bituberculatus</i>	1	–	0.0030	–	То же	Phillips, 1917
<i>S. gigas</i>	1	–	0.001	–	"	Тот же
<i>Fulgur perversus</i>	–	–	0.0035	–	"	"
<i>Helix pomatia*</i>	–	–	–	(2.57)	"	Church, 1892
	–	–	–	0.1**	"	Ulex, 1865
	0.0021	–	–	–	"	Lehmann, 1895
	4	0.00234	0.00894	0.03743	Атлантический океан, Франция	Wang-Tai-Si, 1928
		0.00611	–	–	То же	Dubois, 1900
<i>Helix pisana*</i>		0.000013	–	0.07	"	Giunti, 1879
	4	0.000405	0.002235	0.011965	"	Wang-Tai-Si, 1928
<i>H. nemoralis*</i>		0.00125	–	–	"	Lehmann, 1895
<i>H. aspersa*</i>	8	0.000928	0.005868	0.04314	"	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Arion flavus</i>	2	0.00613	0.03150	0.11764	Зал. Мун, тихоокеан. побережье	Тот же Severy, 1923
<i>Limax maximus</i>	6	0.0004	–	–	То же	Тот же

* Наземная.
** Maximum. В 7 других образцах Си не была обнаружена.

Таблица 208
Содержание Си в печени Gastropoda (в %)

Вид	Число анализов	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
<i>Fasciolaria gigantea</i>	2	–	0.2945	Phillips, 1917
<i>Cassis</i> sp.	2	–	0.0065	Тот же
<i>Strombus gigas</i>	2	–	0.0030	"
<i>Aplysia punctata</i>	4	0.00029*	0.0024*	Wang-Tai-Si, 1928
		–	0.0110	Phillips, 1917
<i>Patella vulgata</i>	4	0	0	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Trochus crassus</i>	2	0	0	Тот же
<i>Littorina littorea</i>	2	0	0	"

Таблица 208 (окончание)

Вид	Число анализов	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
<i>Purpura lapillus</i>	2	0.00141	0.0040	"
<i>Sycotypus canaliculatus</i>		–	(8.64)**	Mendel, Bradley, 1905
<i>Helix aspersa</i> (наземные)	8	0.0012	0.0039	Wang-Tai-Si, 1928
<i>H. pomatia</i>	2	0.0019	0.0069	Тот же
<i>Helix</i> sp.		–	0.0141	Bertrand, 1943c

* Maximum.
** В золе.

Немногочисленные определения Cu в целой крови Gastropoda приведены в таблице 210. Severy (1923) указывает на высокое относительно содержание Cu в тканях и органах, помимо печени, у *Cryptochiton*. Если сравнить содержание Cu в крови Gastropoda и Cephalopoda, то окажется, что ее у первых меньше примерно в 5 раз.

Более ясное представление о распространении Cu в Gastropoda и других Mollusca может дать обзор распространения гемоцианина в них (см. гл. XIX).

Медь в Lamellibranchiata

Большинство анализов меди в Lamellibranchiata относится к различным видам *Ostreae*. Давно было обращено внимание на то, что иногда тело *Ostrea edulis* окрашено в зеленый цвет. Отравления, наблюдавшиеся у людей, которые употребляли их в пищу, связывали с зеленой окраской этих устриц, а когда была открыта в *Ostrea edulis* медь, были высказаны взгляды, что медь и является главной причиной отравления.

В *Ostrea edulis*, *Mytilus edulis* и других Lamellibranchiata Cu была обнаружена В. Vizio (1833), причем он первый указал на повышенное ее содержание в «зеленых» устрицах. Вскоре в *Ostrea edulis* Cu нашли Cuzend (1863b), Lehmann (1895), Löwe (1897), Ferrand, Stewart и позднее многие другие (см. табл. 209, 211). Почти одновременно с В. Vizio (1833) Bouchardat (1837) обнаруживает Cu в *Mytilus edulis*. При своих исследованиях он ставил целью выяснение причин отравления при употреблении *Mytilus edulis* в пищу (см. о «митилизме»). В *Mytilus edulis* позже неоднократно обнаруживалась медь⁶¹ Gorup von Besánez (1874–1875), Griffiths (1890–1891), Dubois (1900) и другими в различных количествах.

Таблица 209
Содержание Cu в разных органах Amphineura и Gastropoda
(в % живого вещества)

Вид	Ман- тия	Жаб- ры	Мус- кулы	Половые органы	Печень	Почки	Кишеч- ник	Автор
<i>Cryptochiton stelleri</i> *	0.0004	–	0.0001	–	–	–	0.00005	Severy, 1923
<i>Haliotis tuberculata</i>	0	0	0	0.0011**				Wang-Tai-Si, 1928

⁶¹ Chevallier не находил в *Mytilus edulis* Cu (1849 г.).

Таблица 207 (окончание)

Вид	Ман- тия	Жаб- ры	Мус- кулы	Половые органы	Печень	Почки	Кишеч- ник	Автор
<i>Helix pomatia</i> (наземные)	–	–	0.0002	–	0.0019	–	–	Тот же
<i>H. aspersa</i>	–	–	0.00079	–	0.001	0.0012	–	"
<i>Patella vulgata</i>	0.00026		0.00024	0.00054	0.002	–	–	Jones, McCance, Shackleton, 1935

* Amphineura.
** Maximum.

Таблица 210
Содержание Си в крови Amphineura, Gastropoda и Lamellibranchiata (в %)

Вид	Си в целой крови	Си в золе крови	Автор
Gastropoda			
<i>Murex brandaris</i>	–	Присутствует	Bizio, 1833
		0.19	Griffiths, 1890–1891*
<i>Sycotypus canaliculatus</i>	–	0.4	Bradley, 1904
<i>Helix pomatia</i> (наземная)	0.0125**	–	Dhéré, 1900, 1903
<i>Helix pomatia</i> (наземные)	0.0244	–	Dubois, 1900
	–	Присутствует	Harless, 1847
Amphineura			
<i>Cryptochiton stelleri</i>	0.00052	–	Severy, 1923
<i>Busycon canaliculatus</i>	0.0156	–	Redfield, Coolidge, Montgomery, 1928
<i>B. carica</i>	0.0063	–	Тот же
Lamellibranchiata			
<i>Mytilus edulis</i> (полост. жидкость)	0.00001	–	Wang-Tai-Si, 1928
	–	0.17	Griffiths, 1890–1891
<i>Pinna</i> sp.	–	Следы	Тот же
<i>Anodonta cygnea</i> (наземная)	–	0.19	"
<i>Mya</i> sp.	–	Следы	"

* Griffiths указал следы Си в крови *Pecten* sp., *Pinna squamosa*, *Lima* sp., *Mya*.
** Maximum.

Таким образом, одна и та же причина (отравление) толкнула на путь систематических исследований этих двух съедобных моллюсков на содержание в них Си. Опережая несколько изложение, нужно заметить, что, в частности, виды *Ostrea* оказались наиболее богатыми Си из всех исследованных в этом отношении Lamellibranchiata.

Все другие Lamellibranchiata содержат медь в количествах не выше среднего содержания ее, скажем, в тех же Gastropoda. Наконец, среди Lamellibranchiata больше, чем среди других Mollusca, встречается видов, богатых железом и содержащих в крови вместо более обычного для Mollusca гемоцианина пигменты с Fe из группы

гемоглобина. Эти виды *Lamellibranchiata*, как мы увидим ниже, при анализах почти не содержали меди [см. также Kohn (1896, 1898) и Newell – качественное определение Cu в *Ostrea edulis*].

К обширным исследованиям по нахождению Cu в *Mollusca* и, в частности, в устрицах должны быть отнесены работы Orton (1924). Он дает большой материал по содержанию Cu как в здоровых устрицах из различных грунтов берегов Англии района Ла-Манша, так и больных устриц, например, так называемых «зеленых» устриц, которые содержат до 0.33% Cu, обычно же – порядка до 0,0 n%. Nelson (1915), Coulson (1935a) и Fieder также исследовали природу зеленого цвета. Доказано, что все исследованные *Lamellibranchiata*, виды *Ostrea* богаты Cu. Содержание Cu в *Ostrea* из разных мест, по данным разных авторов, варьирует в значительных пределах. Так, например, Willard (1908) произвел исследование 34 образцов, собранных из разных мест восточного побережья США (Атлантическое побережье Северной Америки). Hiltner, Wichmann (1919) обследовали по многу раз более 30 образцов из разных мест США (Нью-Хавен, Коннектикут, Ямайка). Содержание меди было найдено от 0.0026 до 0.170% на живой вес. Максимум Cu, как это наблюдали и раньше, находится у *Crassostrea*, окрашенных в зелено-голубой цвет. Накопление Cu некоторыми *Crassostrea* авторы объясняют обитанием этих *Mollusca* около стоков рек, загрязненных отходами химических фабрик, т. е. выносящих большие относительно количества солей Cu и других элементов. Этот взгляд довольно распространен [см. Hunter, Harrison (1928), Bodansky (1920)]. Однако данные еще не вполне убедительны. Причину зеленой окраски устриц, которые часто вызывают отравления в смысле связи ее с нахождением Cu, пытались высунить еще Bizio (1834); Kohn (1896); Bodmer (1896); Garazzi (1897); Löwe (1897); Herdmanh, Boyce (1900); Nelson (1915); Cox (см. Orton, 1924); Orton (1924) и Stewart. Многие другие авторы совершенно по-разному объясняли⁶² причину происхождения этой окраски. Galtsoff, Whipple (1930), Lepkofsky и другие недавно на основании новых определений Cu считали, что повышение содержания Cu в *Crassostrea* вызывает у них зеленую окраску. При этом Cu находится в каком-то соединении (белковом), связанном, в свою очередь, с гемоцианином⁶³.

Наоборот, Hiltner, Wichmann (1919) не нашли высокого содержания Cu в зеленых устрицах (см. Orton, 1924 – содержание Cu в крови и в кровяных тельцах устриц).

Cu в *Ostrea* находится во всех органах. Herdmanh, Boyce (1900) нашли, например, Cu в лейкоцитах *Ostrea*. Характер распределения Cu в отдельных органах *Ostrea* не является чем-либо исключительным, поэтому мы ниже вернемся к этому вопросу, когда познакомимся с содержанием Cu у других *Lamellibranchiata*.

Необходимо остановиться на особом, специфическом значении Cu для развития *Ostrea* (и, вероятно, других *Mollusca*), которое выяснилось совсем недавно. Из икры *Ostrea* развиваются личинки. Как известно, момент прикрепления этих личинок в определенное время ко дну – оседание, так называемый setting, является начальным моментом дальнейшего развития молоди в стадию взрослых *Ostrea*.

Как установил Prytherch (1934) у *Crassostrea virginica*, этот момент совпадает в море с отливной волной, когда пресные воды настилаются на морскую воду и приносят с ней, как оказывается, значительные количества меди. Наиболее низкому стоянию уровня воды отвечает максимум приноса (и, следовательно, содержания в прибрежных слоях воды) Cu реками и т. п. максимум интенсивности оседания

⁶² См. Gaillon (1820).

⁶³ В гемоцианине *Mollusca* обычно около 0.2% Cu. Löhner (1924) показал влияние Cu на количество гемоцианина в крови *Mollusca*. В воде Тихого океана содержалось меди 0,02 мг/кг.

личинки *Ostrea*. В морской прибрежной воде при высоком стоянии было, например, $6 \cdot 10^{-4}\%$ меди⁶⁴, а при более низком – $5 \cdot 10^{-2}\%$ Cu, т. е. почти в 100 раз больше. Опыт показал, что только Cu вызывает эффект оседания личинок *Ostrea*. В настоящее время, как я лично убедился, на многих морских биологических станциях Англии, Франции, Дании и других усиленно ведутся работы по выяснению процесса развития личинок *Ostrea*⁶⁵.

Во время оседания у молодежи *Ostrea* в области печени появляется зеленое «пятно» (вероятно, содержащее медь), которое потом, как бы рассасываясь, переходит в кровь и другие ткани. Silbert обратил внимание на то, что *Ostrea* при метании икры в соленой воде теряет из своего тела часть меди. Яйца Mollusca, как известно, содержат Cu. Rose, Bodansky (1920), диализируя из тканей *Crassostrea* соли, нашли, что 12.2% всей Cu, находящейся в *Crassostrea*, при этом переходит в водный раствор.

Содержание Cu в других Lamellibranchiata видно из таблицы 212. Кроме того, В. Bizio (1924) качественно нашел Cu в *Solen*, *Cardium*, *Venus* и других; Forchhammer (1852) – в *Chama*, *Ostrea* и *Mytilus*; Fox и Ramage (1931) – в *Pecten maximus*, *Ostrea* и других. Содержание Cu в Lamellibranchiata в общем несколько ниже, чем это наблюдалось для Cephalopoda и отчасти даже для Gastropoda. Интересно отметить, что Wang-Tai-Si (1928) не нашел, например, Cu у *Tellina crassa* и *Tellina tenuis*, т. е. в тех видах, которые относятся к родам, имеющим представителей с гомологами гемоглобина в крови, например, *Tellina planata* и других. *Solen siliqua* имеет медь только в мантии, а, по наблюдениям Severy (1923), *Solen ensis* вовсе не имел меди. Как известно, Solenidae содержат также гомологи гемоглобина в крови (см. гл. XIX) в качестве дыхательных пигментов.

Таблица 211
Содержание Cu в телах устриц (в % живого вещества)

Вид	Число анализов	Минимум	Максимум	Среднее	Место сбора	Автор
<i>Crassostrea virginica</i>	34	0.006	0.170 ⁶	0.05	Из разных мест восточного побережья США	Willard, 1908
	31	0.0026	0.062 ⁶	–	То же	Hiltner, Wichmann, 1920
		0.0024	0.0060	0.0042	–	Rose, Bodansky, 1920
		–	–	0.0049	–	Nelson, 1915
		0.0072	0.0432	–	Атлант. побережье США	Coulson, Remington, Levine, 1932
		0.00025	0.0095	–	–	–
–	–	–	0.007 ⁶	–	Skinner, Sale, 1930	
(plomi)	–	–	–	0.0031	–	Lindow, Elvehjem, Peterson, 1929
	–	–	–	0.00027	–	Тот же

⁶⁴ О содержании Cu в море см. у Hiltner, Wichmann (1919), Rose, Bodansky (1920), Atkins (1933) и Haber.

⁶⁵ Последние наблюдения не опровергли результатов первых экспериментов.

Таблица 211 (окончание)

Вид	Число анализов	Минимум	Максимум	Среднее	Место сбора	Автор
		–	0.04 ¹	0.00(?)	–	Nelson, 1915
	9	0.012	0.199 ¹	–	Остров Лонг-Айленд-Саунд, США	Lepkofsky, 1930
		0.0072	0.0432 ¹	–	То же	Galtsoff, 1934
<i>Ostrea edulis</i>				0.216 ²	Фалмут, США	Cuzent, 1863b
		–	–	0.2 ¹	–	Ferrand, 1863
				0.006 ³	Оран (?)	Balland, 1898a
		–	–	0.062 ⁴	Алжир	Jaillard, 1881 (?)
		0.0016	0.006	–	?	Lehmann, 1895
		–	–	0.040 ⁵	Суонси	Löwe, 1897
		0.00965	0.0138 ¹	–	Франция	Dubois, 1900
		–	–	0.0043	–	White, 1921
		–	–	0.0026 ⁵	–	Herdmann, Boyce, 1900
		0.0024	0.330 ¹	–	Остров Лонг-Айленд-Саунд, США	Orton, 1924
		0.0181	0.0303	0.024	Из разных мест	Paul, Cownley, 1896
<i>Ostrea lurida</i>	8	–	–	0.0004	Тихоокеанское побережье	Severy, 1923

¹ Зеленые устрицы.

² 25 экз.

³ 2 экз.

⁴ 12 экз.

⁵ 1 экз.

⁶ В сухом веществе.

Несмотря на то, что для *Mya* указан был гемоцианин, по ряду наблюдений *Mya* (табл. 212) мало и нерегулярно содержит медь. Rose, Bodansky (1920), например, не нашли меди в *Mya*. *Mya* всегда богата железом. Виды, подобные *Macra*, содержат Cu только в печени. То же и *Dona*. Все они богаты железом.

У *Lamellibranchiata*, кроме печени, сравнительно высокое содержание меди наблюдается еще в мантии и жабрах (табл. 213).

Таблица 212
Содержание Cu в теле *Lamellibranchiata* (в %)

Вид	Число анализов	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Место сбора	Автор
<i>Mytilus edulis</i>		0.00324	–	–	–	Dubois, 1900
<i>M. californica</i>		0.00018	–	–	Тихоокеанское побережье, США	Severy, 1923
<i>M. edulis</i>		0.00071	–	–	Кольский залив	Кубовец, 1932

Таблица 212 (окончание)

Вид	Число анализов	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Место сбора	Автор
		–	0.00024	–	–	Bertrand, 1943c
	4	0.000945	0.00529	0.03381	Атл. океан, Франция	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Anomia ephippium</i>		0.00113	0.00567	0.02812	"	Тот же
<i>Pectunculus glyceMERIS</i>	4	0.000493	0.002846	0.00810	"	"
<i>Pecten jacobaeus</i>	2	0.00140	0.00845	0.04336	"	"
		0.0047	–	–	–	Dubois, 1900
<i>P. varius</i>	2	0.00034	0.00204	0.00800	Атл. океан, Франция	Wang-Tai-Si, 1928
<i>P. maximus</i>	5	0.00011	0.00102	0.00310	–	Тот же
		0.00023	–	–	–	Lindow, Elvehjem, Peterson, 1929
<i>P. jacobaeus</i>		0.00471	–	–	–	Dubois, 1900
<i>Gryphea angulata</i>	4	0.000515	0.00385	0.01438	Атл. океан, Франция	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Tellina crassa</i>	3	0	0	0	То же	Тот же
<i>T. tenuis</i>	4	0	0	0	"	"
<i>Maetra corallina</i>	3	0.00018	0.00204	0.00368	"	"
<i>Donax tronchulus</i>	3	0.00065	0.00467	0.00961	"	"
<i>Scrobicularia piperata</i>	3	0.00020	0.00174	0.00773	"	"
<i>Venus verrucosa</i>	4	0.000875	0.00449	0.024635	"	"
<i>V. mercenaria</i>	4	0.00083	0.00625	0.02841	–	"
<i>V. kennicotti</i>		0.00	–	–	Тихоокеанское поб., США	Severy, 1923
<i>Tapes decussatus</i>	4	0.00037	0.00216	0.01324	Атл. океан, Франция	Wang-Tai-Si, 1928
<i>T. aureus</i>	2	0.00042	0.00213	0.00942	То же	Тот же
<i>Dosinia exoleta</i>	4	0.00080	0.00398	0.02033	"	"
<i>Cytherea chione</i>	2	0.00017	0.00083	0.00481	"	"
<i>Carditum edule</i>	4	0.00125	0.00887	0.03959	"	"
<i>Mya arenaria</i>	3	0.00010	0.00063	0.00224	"	"
		0	0	–	Тихоокеанское побережье, США	Rose, Bodansky, 1920
<i>Lutraria elliptica</i>	2	0.00025	0.00142	0.00357	Атл. океан, Франция	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Solen siliqua</i>	4	0.00014	0.00065	0.00412	То же	Тот же
<i>Ensis americanus</i>		0.00	–	–	–	Severy, 1923
<i>Unio</i> sp. (пресноводная)		–	0.00130	–	–	Phillips, 1922
<i>U. margaritifera</i>		Следы	–	–	–	Dubois, 1900
<i>Crassostrea</i> sp.		–	0.00020	–	–	Bertrand, 1943c

Таблица 213
Содержание Cu в разных органах Lamellibranchiata (в % живого вещества)

Вид	Мантия	Мускул	Жабры	Кишечник	Печень	Половые органы	Прекордиальные железы
<i>Crassostrea virginica</i> *	0.0036	0.00	–	0.0035	–	–	–
	0.00029	–	0	–	0	0	–
<i>Crassostrea angulata</i>	0.00036	0	0.00034	–	0.0007	0.00121	–
<i>Mytilus edulis</i>	0.00069	0.00053	–	–	0.00208	0.0012	–
<i>Pecten jacobaeus</i>	0.00036	0.00008	0.00025	–	0.00146	–	–
<i>Pectunculus glycymeris</i>	0.0013	0.0000	0.00057	–	0.00132	0.00125	0.00306
<i>Maetra Helvetica</i>	0	–	0	–	0.00054	0	0
<i>Donax tronchulus</i>	0	0	0	–	0.00222	–	–
<i>Venus verrucosa</i>	0.00023	0	0	–	0.00075	0.00035	0.00463
<i>V. mercenaria</i>	0.00104	–	–	–	0.00236	–	–
<i>Tapes decussatus</i>	0.00055	–	0.00077	–	0.00207	0.00267	–
<i>Cytherea chione</i>	0.00023	0	–	–	0	0	0.00119
<i>Cardium edule</i>	0.00052	0	0	–	0.00174	0	–
<i>Mya arenaria</i>	0	0	0.00001	–	0.00037	0	0
<i>Lutraria elliptica</i>	0	–	0	–	0	–	–
<i>Solen siliqua</i>	0.00025	–	0	–	–	0	–

* Анализы Rose, Bodansky (1920), остальные анализы Wang-Tai-Si (1928).

Ниже указывается распределение Zn в печени *Ostrea*, где мы обращаем внимание на то, что в соединительной ткани печени больше Cu, чем в железистой (Zn – наоборот); у Wang-Tai-Si (1928) имеются данные, указывающие на обогащение медью прекордиальных желез, например, у *Venus* (см. Mn), у *Mytilus*. Иногда много меди в сифоне у *Pecten* и *Donax*. В какой мере эти наблюдения закономерны, покажет будущее. Может быть, запасы меди в известное время перемещаются внутри тела *Mollusca* из одного органа в другой. Интересно, что *Pectunculus glycymeris*, содержащий в крови дыхательный пигмент с Fe, во всех органах имеет довольно много Cu. Мускулы *Lamellibranchiata* не содержат Cu или содержат очень мало. Кровь *Lamellibranchiata* почти не изучена. Сведения о меди в крови очень отрывочны. В большинстве случаев кровь этих моллюсков совершенно бесцветна, кроме видов, у которых содержатся пигменты типа гемоглобина. Содержание Cu в крови – того же порядка, что и *Gastropoda*. Больше половины Cu, содержащейся в крови *Lamellibranchiata*, находится в диализирующем состоянии, тогда как Fe, Zn и Mn более половины общего их количества не диализируются.

Цинк в *Mollusca*

Определения Zn представляют известную трудность. Вот почему данных для Zn в *Mollusca* по сравнению с данными для Mn и Cu меньше. Все определения относятся к последним годам. Содержание его в организмах, как теперь выяснилось, часто превышает содержание Cu, а у *Mollusca* и некоторых других *Invertebrata* иногда превышает содержание Mn и Fe.

Таблица 214
Содержание Zn в Cephalopoda (в %)

Вид	Живое вещество	Сухое вещество	Авторы
<i>Sepia officinalis</i> (целиком)	0.0013	0.0077	Bertrand, Vldesco, 1923
(18 яиц)	0.00636	0.07727	Wang-Tai-Si, 1928
(печень)	0.00696	0.01753	То же
<i>Octopus vulgaris</i> (печень)	0.00532	0.01443	"
<i>Loligo vulgaris</i> (целиком)	0.00283	0.01172	"

Первые указания на нахождение Zn в *Mytilus edulis* встречаем у Forchhammer (1852). В 1904 г. появляется работа Bradley, а вскоре Mendel, Bradley (1905) о Zn в *Sycotypus canaliculatus* (*Busucon canaliculatus*). Только после мировой войны вопрос о распространении Zn в организмах и в Mollusca, в частности, получает известное освещение главным образом в работах Birckner (1919); Delezenne (1919); Hiltner, Wichmann (1919); Bodansky (1920); Phillips (1922); Bertrand, Vldesco (1923); Severy (1923); McHargue (1924); Wang-Tai-Si (1928); Webb, Fearon (1937).

Цинк в Cephalopoda

Определения единичные. По сравнению с другими Mollusca содержание Zn в Cephalopoda не представляет собой исключения. Его несколько больше нашли в печени *Sepia officinalis* и в одном случае, особенно в яйцах *Sepia officinalis* (см. табл. 214).

Цинк в Gastropoda

Bradley (1904) нашел Zn в *Sycotypus canaliculatus*, а также и в других Gastropoda, например, в *Fulgur carica*. Из крови *Sycotypus canaliculatus* Mendel и Bradley (1905) выделили белковое вещество с 0.7% Zn и 1.2% Cu. В печени этого моллюска также находился Zn. Авторы заключили, что Zn-органический комплекс (гемосикотипин) может играть респираторную роль. В недавнее время Redfield (1933) показал, что у *Sycotypus* дыхательным пигментом является гемоцианин. Следовательно, Zn как органический комплекс имеет отношение к какой-то другой физиологической функции *Sycotypus*. Содержание Zn в печени, по Mendel, Bradley (1905), варьирует от 8.69 до 18.79% в золе. Сама ткань печени *Sycotypus* содержит его в разных частях различные количества; в соединительной ткани печени, например, 8.49% Zn и 26.5% Cu; в железистой ткани печени – 15.05% Zn и 3.11% Cu (расчет на золу). Железистая ткань печени содержит Zn больше. Известно, что у всех животных (высших) нахождение Zn приурочено к железистым тканям и связано с их обменом (нуклеопротеиновый обмен, см. Delezenne, 1919)⁶⁶. И у других Gastropoda также замечается тенденция к локализации Zn в печени.

Из таблицы 215 видно, что Zn находится в Gastropoda в более или менее одинаковых количествах. Выделяются Pulmonata по своему сравнительно малому содержанию Zn, но их печень несколько обогащена Zn (ср. с содержанием Mn, Fe и Cu). Webb (1937) нашел 2.5% Zn в золе *Purpura lapillis*, 1% – в золе *Pleurobranchus plumula* и 1.5% – в *Aeolidia papillosa*. Согласно Yamamura (1934), *Vivipapa japonica* содержала около 0.0678% Zn и около 0.00061% As. См. также Blasins.

⁶⁶ Современная точка зрения о функциях Zn у млекопитающих дана Vallee, Altschule (1949).

Таблица 215
Содержание Zn в Gastropoda (в %)

Вид	Число анализов	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Автор
<i>Littorina littorea</i>		0.0038	0.0152	–	Bertrand, Vladesco, 1923
		0.00494	0.02508	0.1277	Wang-Tai-Si, 1928
<i>L. obtusata</i>		0.00563	0.02514	0.10076	Тот же
<i>Patella vulgata</i>		0.00430	0.0162	–	Bertrand, Vladesco, 1923
		0.00389	0.01596	0.08169	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Haliotis tuberculata</i>		0.00515	0.0244	0.14550	Тот же
<i>H. crackerodia</i>	5	0.002412	–	–	Severy, 1923
<i>Trochus crassus</i>		0.00653	0.02690	0.11176	Wang-Tai-Si, 1928
<i>T. umbilicalis</i>		0.00407	0.01805	0.07077	Тот же
<i>Buccinum undatum</i>		0.00497	0.01603	0.14816	"
<i>Murex trunculus</i>		0.00532	0.01398	0.05807	"
<i>Purpura lapillus</i>		0.00456	0.01603	0.08623	"
<i>Limax maximus</i>		0.00310	–	–	Severy, 1923
<i>Crytochiton stelleri</i>	17	0.001267	–	–	Тот же
<i>Fasciolaria gigantea</i> (печень)	2	–	0.0316	–	Phillips, 1917
<i>Cassis</i> sp.	2	–	0.00660	–	Тот же
<i>Strombus bituberculatus</i>		–	0.0055	–	"
<i>S. gigas</i>	2	–	0.0180	–	"
<i>S. gigas</i> (печень)	2	–	0.0188	–	"
<i>Fulgur perversus</i>		–	0.0308	–	"
Наземные					
<i>Helix pomatia</i>		0.00168	0.00623	0.02630	Wang-Tai-Si, 1928
<i>H. pomatia</i> (печень)		–	0.0366	–	Delezenne, 1919
<i>H. aspersa</i>		0.00175	0.00969	0.06738	Wang-Tai-Si, 1928
		0.0026	0.0145	–	Bertrand, Vladesco, 1923
<i>H. pisana</i>		0.00093	0.00518	0.02677	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Arion flavus</i>		0.0011	0.00545	0.02006	Тот же

Цинк в Lamellibranchiata

Для Lamellibranchiata имеется несколько больше данных для суждения о характере распределения Zn у отдельных видов и в их органах (табл. 216). Содержание Zn в Lamellibranchiata, по крайней мере в некоторых видах, значительно выше, чем у Gastropoda, и, несомненно, выше, чем у Cephalopoda.

Таблица 216
Содержание Zn в Lamellibranchiata (в %)

Вид	Число анализов	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Авторы
<i>Mytilus edulis</i>		0.0021	0.0113	–	Bertrand, Vladoesco, 1923
		0.00413	0.02322	0.11487	Wang-Tai-Si, 1928
		–	0.0106	–	Delezenne, 1919
<i>M. californica</i>		0.0049	–	–	Severy, 1923
<i>Ostrea edulis</i>	4	0.02010	0.11460		Bertrand, Vladoesco, 1923
	2	0.03095	0.1458	0.7797	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Crassostrea virginica</i>	5	0.02598	–	–	Bodansky, 1920
	153	–	0.1	–	Hiltner, Wichmann, 1919
		–	0.006(?)	–	Skinner, Sale, 1930
<i>Ostrea lurida</i>	8	0.006497	–	–	Severy, 1923
<i>Grassostrea angulata</i>	4	0.00993	0.4966	–	Bertrand, Vladoesco, 1923
		0.05966	0.38296	1.48625	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Venus verrucosa</i>		0.0033	0.0127	–	Bertrand, Vladoesco, 1923
		0.00470	0.02447	0.13234	Wang-Tai-Si, 1928
<i>V. mercenaria</i>		0.00451	0.033450	0.14870	Тот же
<i>V. kenicotti</i>		0.00051	–	–	Severy, 1923
<i>Tapes decussatus</i>		0.0017	0.0102	–	Bertrand, Vladoesco, 1923
		0.00435	0.02539	0.15329	Wang-Tai-Si, 1928
<i>T. aureus</i>		0.00450	0.02938	0.12802	Тот же
<i>Cardium edule</i>		0.0014	0.0066	–	Bertrand, Vladoesco, 1923
		0.00455	0.03255	0.07603	Wang-Tai-Si, 1928
<i>C. norvegicum</i>		0.00383	0.0160	0.14094	Тот же
<i>Cytherea chione</i>		0.00490	0.01851	0.07131	"
		0.00277	0.01660	–	Bertrand, Vladoesco, 1923
<i>Pecten jacobaeus</i>	2	0.0086	0.0435	–	Те же
<i>P. jacobaeus</i> печень	2	0.00268	0.01605	0.08141	Wang-Tai-Si, 1928
			0.0439		Delezenne, 1919
<i>P. maximus</i>	2	0.00586	0.04422	0.16178	Wang-Tai-Si, 1928
<i>P. varius</i>		0.00520	0.03138	0.10987	Тот же
<i>Mya arenaria</i>	2	0.00391	0.02533	0.09540	"
		0.0077	–	–	Bodansky, 1920
<i>Pectunculus glyceris</i>		0.00255	0.01142	0.02589	Wang-Tai-Si, 1928
<i>Tellina crassa</i>		0.00799	0.06424	0.10948	Тот же
<i>T. tenuis</i>		0.0157	0.03691	0.21428	"
<i>Macra helvecea</i>		0.0062	0.02886	0.09669	"
<i>M. corallina</i>		0.00523	0.0546	0.10744	"
<i>Donax tranchulus</i>		0.0174	0.10058	0.2169	"

Таблица 216 (окончание)

Вид	Число анализов	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Авторы
<i>Scrobicularia piperata</i>		0.00526	0.04045	0.08172	"
<i>Dosinia exoleta</i>		0.0074	0.02338	0.11918	"
<i>Lutraria elliptica</i>		0.00946	0.05850	0.18194	"
<i>Ensis americanus</i>		0.001163	–	–	Severy, 1923
<i>Unio</i> sp. (пресноводные)		–	0.0160	–	Phillips, 1922

Исключительную концентрацию Zn наблюдали у *Ostrea*. Orton (1924), изучавший устриц с берегов Ла-Манша, нашел, что количество Zn колебалось от следов до 0.78% (особенно у больших устриц); обычно – 0.03–0.04%, т. е. больше, чем Cu. Более ранние анализы устриц были сделаны Dieulafait (1877), который нашел 0.0139% Zn.

Hiltner, Wachmann (1919), исследовавшие свыше 150 образцов устриц из разных мест США с атлантического побережья, находили всегда высокое содержание Zn, колебавшееся от 0.1137 до 0.2298% на сухое вещество. Hubbell, Mendel (1927), также исследовавшие устриц из США, обнаружили 0.0286–0.0412% Zn, а в *Mya arenaria* – только 0.0015–0.00221% Zn. Интересно отметить данные других авторов, которые показывают, что и в другом виде из того же семейства *Ostreidae*, а именно у *Grassostrea angulata* (табл. 217), содержатся такие же большие количества Zn. Все числа для Zn у *Ostreidae*, как правило, высокие. Были высказаны подозрения, что *Ostrea*, живущие вблизи берегов, вода которых загрязнена с берега не только солями Cu, но и Zn (фабричные воды), аккумулялировали эти металлы.

Таблица 217
Содержание Zn в *Crassostrea virginica* и других *Mollusca* (в %)

Вид	Число анализов	Свежее вещество	Сухое вещество	Место отбора	Авторы
<i>Crassostrea virginica</i>					
maximum		0.1168	–	Нью-Йорк, Мэриленд, США	Hiltner, Wichman, 1919
minimum		0.0133	–	"	То же
среднее	16	0.0652	–	Коннектикут, Масс., Нью-Джерси, США	Elliot, 1915 (см. Hilter, Wichman, 1919)
maximum		0.1102	–	То же	Тот же
minimum		0.0280	–	"	"
среднее	13	0.0658	–	Мэриленд, США	Sale, 1914 (см. Hilter, Wichman, 1919)
maximum		0.062	–	То же	Тот же
minimum		0.0026	–	"	"
среднее	31	0.02	–	Коннектикут, США	Elliot, 1915 (см. Hilter, Wichman, 1919)
maximum		0.2298	–	То же	Тот же

Таблица 217 (окончание)

Вид	Число анализов	Свежее вещество	Сухое вещество	Место отбора	Авторы
minimum		0.028	–	"	"
среднее	37	0.1153	–	Мэриленд, США	"
maximum		0.1309	–	То же	"
minimum		0.017	–	"	"
среднее	14	0.0730	–	"	"
maximum		0.0089	–	"	"
minimum		0.0020	–	"	"
среднее	18	0.0441	–	Нью-Джерси, Вирджиния, Нью-Йорк, Мэриленд, США	Black, 1915 (см. Heilner, Wichman, 1919)
maximum		0.0779	–	То же	Тот же
minimum		0.0146	–	"	"
среднее	10	0.0383	–	Нью-Йорк, Коннектикут, Масс. и др., США	Harrison, 1915 (см. Hilter, Wichman, 1919)
maximum		0.1220	–	То же	Те же
minimum		0.0398	–	"	"
среднее	13	0.0829	–	Масс., США	Feldstein, 1917 (см. Hilter, Wichman, 1919)
maximum		0.1026	–	То же	Те же
minimum		0.0224	–	"	"
<i>Crassostrea virginica</i>		0.4284	–	США	McHargue, 1924
<i>Mutilus edulis</i>		0.0750	–	"	Тот же
<i>Venus mercenaria</i>		0.1359	–	"	"

Таблица 218
Содержание Zn в разных органах Amphineura и Lamellibranchiata
(в % живого вещества)

Вид	Мышцы	Пищевые железы	Мантия	Жабры	Печень	Другие органы	Автор
<i>Crassostrea virginica</i>	0.0160	0.0237	0.0267	–	–	0.0269	Bodansky, 1920
<i>C. angulata</i>	0.0312	–	0.1074	0.0652	–	0.3223	Bertrand, Vladesco, 1923
<i>Pecten jacobaeus</i>	0.005	–	0.0043	0.0086	–	0.0082	Те же
<i>Cryptochiton stelleri</i>	0.00187	0.0003	0.0040	–	–	–	Severy, 1923

Насколько это объясняет отмеченные колебания в содержании Zn у *Ostrea*, может показать лишь специальное исследование. *Ostrea* из разных мест, будучи всегда богаче других Mollusca Zn, содержат его в варьирующих количествах. Так, *Ostrea* с зеленой окраской (см. Cu) богаче и Zn. В *Ostrea* Zn находится во всех органах,

причем, по Bodansky (1920), половина его находится в виде металлоорганического соединения. У *Mytilus edulis* в крови также до 60% Zn находится в связанной форме. Распределение Zn в органах *Ostrea* см. в таблице 218. Определение Zn (в %) Koga (1934b) в различных органах *Ostrea* вызывают также несомненный интерес, так как они подтверждают ранние наблюдения о том, что много цинка скапливается особенно в жабрах и тестикулах:

<i>Ostrea larperousii</i>	Живое вещество	Сухое вещество
Организм в целом	0.006	0.410
Печень	0.00657	0.0245
Мантия	0.0070	0.0050
Жабры	0.0134	0.1002
Мускулы	0.0043	0.0233
Другие ткани	0.0115	0.0661

Мускулы наиболее бедны им. Bertrand, Vladesco (1923) обратили внимание на высокое содержание Zn в так называемом *bosse de polichinelle* у *Pecten jacobaeus* – в 4–5 раз больше, чем в других органах этого Mollusca. С возрастом содержание Zn в Mollusca увеличивается, хотя молодые организмы часто очень богаты Zn (печень). Webb, Fearon (1937) нашли 0.3% Zn в половых продуктах *Pecten maximus* и 0.6% в мантии.

В результате обзора можно кратко заключить, что различные Mollusca по-разному относятся к накоплению Zn. Менее всего Zn в Cephalopoda и у большинства Gastropoda. Среди Lamellibranchiata существуют наиболее богатые Zn виды. В целом Mollusca (и Crustacea) наиболее богаты Zn (как и Cu) сравнительно с другими Invertebrata.

16. Нахождение других металлов в Mollusca

Данные о распространении Cu, Zn, Fe и Mn в Mollusca, их органах и т. п. легко нас убеждают в том, что среди этих организмов существуют отдельные виды, отличающиеся способностью высоко концентрировать отдельные металлы, причем одни виды по преимуществу концентрируют Mn (например, Unionidae и др.), другие – Cu (например, Cephalopoda, Ostreidae и т. д.), третьи – Fe, Zn и т. д. или, наконец, все эти элементы вместе. Эти данные позволяют предположить, что и в отношении ряда других химических элементов может обнаружиться аналогичное явление. Приводимые ниже данные подтверждают наши догадки. Но если для Cu, Zn, Fe, Mn в общем известны сотни определений, то относительно других металлов очень мало известно в смысле нахождения их в теле Mollusca.

Впервые на нахождение в Mollusca и их органах редких химических элементов, в том числе многих металлов, обратил внимание Forchhammer (1852); он нашел, например, в Mollusca серебро, свинец и другие металлы.

В частности, для Ag число наблюдений о нахождении его в Invertebrata растет. Fox, Ramage (1852) дали для Ag в Mollusca и других Invertebrata количественные определения. Совершенно не ясен еще порядок нахождения в Mollusca и других Invertebrata Pb. В Mollusca из металлов были найдены Sn, Cd, Co, Ni, Ti, Li, B, Pb, Mo, Au, Ag, Al, Sr, Ba, Rb. Много еще требует проверки и количественных определений.

17. Щелочные и щелочноземельные металлы в Mollusca

Рубидий и цезий. Распространение Rb и Cs в морских организмах далеко не выяснено. Вопрос о распространении Rb и Cs в море привлекает внимание многих геохимиков до сих пор (см. Goldschmidt, Berman, Hauptmann, Peters, 1933). Ramage (1929) спектроскопическим путем показал широкое распространение Rb в природе в целом и в организмах в частности. Указание Sonstadt, сделанное еще в 1870 г., о нахождении Rb и Cs в различных морских организмах, в частности в раковинах Mollusca, не заслуживает внимания. Fox, Ramage (1931) дали первые количественные определения Rb в морских Invertebrata. Так, они нашли Rb (в %):

<i>Loligo forbesii</i>	Следы
<i>Sepia officinalis</i>	Следы
<i>Arion ater</i> (печень)	0.002
<i>Archidoris tuberculata</i>	До 0.002
<i>Aeolidia papillosa</i>	0.002
<i>Helix aspersa</i> (печень)	До 0.002

Они отмечают, что в органах *Helix aspersa* количество Rb колеблется в зависимости от местности. Названные авторы не могли найти Cs в исследованных ими Mollusca.

Литий. В заметных количествах Li находится в морской воде – около 10⁻⁴%. По нашим данным, его до $n \cdot 10^{-3}\%$ в иловой воде, морских илах. Он встречается во всех морских организмах. Это было показано количественно в Mollusca Ranzi (1929) и Webb (1937). Gérard, Meurin (1908) находили в теле устриц 0.00012% Li; по Fox, Ramage (1931), в мантии *Pecten* содержится 0.0002% на сухое вещество, в печени – 0.00008%. В пресноводной *Anodonta* из 4 мест литий не был найден или находился в следах. В *Arion*, *Helix pomatia*, *Helix aspersa* он был обнаружен качественно. По-видимому, Li – обычный для Mollusca и других организмов химический элемент. Более ранние указания см. у Griffiths (1890–1891) по *Anodonta*.

Стронций и барий. О широком распространении в морских организмах Sr и отчасти Ba нам известно из данных, отмеченных в первой части нашей работы. В створках раковин Sr давно был доказан в работах, например, Moretti (1813), Vogel (1814), Forchhammer (1852), Dieulafait (1877), Schmelck (1901). Количественные определения Sr были сделаны спектроскопическим путем, причем его обнаруживали не только в раковинах, но и в органах и теле Mollusca.

Fox, Ramage (1931) исследовали 65 образцов тканей 10 видов Mollusca и везде находили Sr. Количественные данные приведены в таблице 219.

Таблица 219
Содержание Sr в органах и тканях Mollusca (в % сухого вещества)

Вид	Орган или ткань	Sr	Авторы
О р г а н ы			
<i>Limacina retroversa</i>	Целиком	0.008	Fox, Ramage, 1931
<i>Aplysia punctata</i>	Нога	0.008	Тот же
	Кровь	0.004	"
	Яйца	0.002	"
<i>Sepia officinalis</i>	Чернильный мешок	0.008	"
	Скорлупа яиц	0.008	"
<i>Haliotis tuberculata</i>	Нога	0.006	"

Таблица 219 (окончание)

Вид	Орган или ткань	Sr	Авторы
<i>Helix pomatia</i>	Половые	0.008	"
<i>Helix aspersa</i>	продукты	0.0008	"
<i>Archidoris tuberculata</i>	Стенка тела	0.008	"
Раковины			
<i>Nautilus pompilius</i>	Раковины	0.4	Noll, 1934
<i>Pinna squamosa</i>	Преоблад. кальцит	0.04	Тот же
<i>Bulla ampulla</i>	Арагонит + кальцит	0.2	"
<i>Denfalium</i> sp.	Арагонит	0.2	"
<i>Mytilus edulis</i>	–	0.3	Виоградов, Боровик-Романова, 1934
<i>Pecten islandicus</i>	Кальцит	0.5	Те же
<i>Cardium edule</i>	–	0.3	"
<i>Purpura lapillus</i>	–	0.2	"
<i>Neptunea</i>	–	0.2	"
<i>Buccinum Undatum</i>	–	0.3	"
<i>Helix pomatia</i> (наземная)	–	0.2	"
<i>Anodonta cugnea</i> (пресноводная)	Арагонит	0.08	"
<i>Astarte crenata</i>	–	0.5	"
<i>A. borealis</i>	–	0.05*	Потапенко, 1925
<i>Pecten islandicus</i>	–	0.05	Тот же
<i>Tellina calcarea</i>	–	0.05	"
<i>Neptunea despecta</i>	–	0.05	"

* Maximum

Содержание Sr в мягких частях *Mollusca* – порядка содержания Sr в морской воде⁶⁷. Резкой концентрации не было найдено. Но различие в содержании Sr у разных видов (исключив индивидуальные колебания) намечаются. Так, например, несомненно, мало Sr в пресноводной *Anodonta*, в то время как его много в *Archidoris britannica* (без раковин). В мягких тканях *Anodonta* не везде был найден Sr. В раковине, по нашим данным, его меньше, чем у различных других морских *Mollusca*. В раковине, как правило, Sr находится от $n \cdot 10^{-1}$ до $n \cdot 10^{-2}\%$. Noll (1924) на основании собственных анализов и известных более ранних наблюдений находил, что Sr всегда больше в арагонитовых известняках, нежели в сложенных из кальцита. Для раковин, суммируя все наблюдения (подробнее см. раздел 9 этой главы), это правило не всегда строго выдерживается, но в целом оно верно. Примеры исключения из этого правила заслуживают особого внимания. Так, например, уже известная нам кальцитовая водоросль *Lithothamnium* содержит, согласно ряду определений, $2 \cdot 10^{-1}\%$, т. е. порядка довольно обычного для богатых Sr арагонитовых скелетов морских организмов. Между тем арагонитовые створки *Anodonta* пресноводной *Mollusca* содержат мало Sr (и мягкие части ее содержат меньше Sr, нежели другие *Mollusca*). Очевидно, помимо минералогического характера скелета, имеют значение химический состав и среда обитания данных *Mollusca*⁶⁸.

⁶⁷ Sr в морской воде, по Desgrez, Meunier (1926), 0.00135%; Thomas (см. Thompson, 1932) нашел 0.0013% (при 19% Cl); Noll (1934) дает 0.0007% SrO. По нашим данным, 0.001% Sr (при 19% Cl). Odum (1951a) нашел 0.0008%, или 9.23 атомов Sr на 1000 атомов Ca.

⁶⁸ Пресные воды содержат обычно Sr порядка $10^{-6}\%$.

Таблица 220
Содержание Sr и Ba в Mollusca (в % на минеральный остаток)

Вид	Комментарий	Sr	Ba	Авторы
<i>Helix aspersa</i>	Тело	0.2	0.25	Webb, Fearon, 1937
<i>Littorina littorea</i>	"	0.04	—	Тот же
<i>Purpura lapillus</i>	"	0.04	—	"
<i>Pleurobranchus plumula</i>	"	0.80	0.004	"
<i>Aeolidia papillosa plumula*</i>	"	0.02	—	"
<i>Archidoris britanica</i>	Мантия	2.0	0.008	"
	"	0.1	0.006	"
<i>Modiola modiola</i>	Гонады	0.03	0.003	"
<i>Pecten maximus</i>	"	0.02	—	"
	Мантия	0.03	0.05	"
<i>Archidoris britannica</i>	Тело	0.80	—	McCance, Masters, 1937
<i>Mutilus edulis</i>	Раковина	—	0.001	Те же
<i>Purpura lapillus</i>	"	—	0.001–0.005	Боровик-Романова, 1939
<i>Biccinum undatum</i>	"	—	0.002	McCance, Masters, 1937
<i>Neptunea despecta</i>	"	—	0.002	Те же
<i>Pecten islandicus</i>	"	—	0.001–0.005	Боровик-Романова, 1939
<i>Astarte crenata</i>	"	—	0.004	McCance, Masters, 1937
<i>Helix pomatia</i>	"	—	0.02	Боровик-Романова, 1939
<i>Anodonta cugnea</i>	"	—	0.03	McCance, Masters, 1937

* На сумму катионов воды. Данные ориентировочные.

Thomas, как указывают Thompson, Robinson (1932), исследовал большое число раковин из Борнео, Филиппинских островов и других мест и наблюдал отношение в них Sr к Ca, близкое к существующему в море.

Содержание Ba в Mollusca (главным образом в раковинах) другого порядка – значительно меньше. Так, Потапенко (1925) находил Ba спектроскопически в *Astarte borealis*, *Tellina calcarea*, *Neptunea despecta* (в раковинах) в пределах 0.05–0.005%.

Качественно он нами обнаруживался в раковинах постоянно. Например, в *Mytilus edulis*, *Astarte* и др. Боровик-Романова (1939) нашла его от следов до 0.05% Ba в раковинах разных Mollusca (табл. 220).

Бор. Из данных Bertrand, Agulhon (1913) следовало, что морские организмы богаче В, чем наземные. Относительно высокое содержание В указывалось ими в Mollusca. Goldschmidt, Peters (1932) дали ряд определений В в створках раковин (табл. 221).

Спектроскопически Webb (1937) нашел В в *Helix aspersa* 0.25% в золе; *Littorina littoralis* – 0.03%; *Purpura lapillus* – 0.03%; *Pleurobranchus plumula* – 0.07%; *Aeolidia papillosa* – 0.03%; *Archidoris britannica* – 0.01%; *Modiola modiola* – 0.04% и в *Pecten maximus* (мантия) – 0.03%. В раковине *Conus* sp. Igelsrud и др. (1938) нашли 0.0225% В, а в раковине *Cypraea* – 0.0865% В. Т. Глебович (1941) химическим путем показала,

что тело *Mytilus edulis* (Баренцево море) содержит $6.53 \cdot 10^{-4}\%$ В в живом веществе, а в сухом – $3.27 \cdot 10^{-3}\%$ В; в теле *Vuccinum undatum* – $3.39 \cdot 10^{-4}\%$ и в икре этого же Mollusca – $1.89 \cdot 10^{-4}\%$ В, или $1.34 \cdot 10^{-3}\%$ в сухом веществе. Порядок содержания бора в Mollusca и в других Invertebrata тот же, что и в морской воде.

Таблица 221
Содержание В в Mollusca (в % сухого вещества)

Вид	В	Авторы
Мягкие части		
<i>Helix pomatia</i>	0.001	Bertrand, Agulhon, 1913
<i>Haliotis tuberculata</i>	0.0001	Те же
<i>Pecten jacobaeus</i>	0.01	"
Раковины		
<i>Sepia officinalis</i>	0	Goldschmidt, Peters, 1932
<i>Nautilus pompilius</i>	0.000545	Те же
<i>Spirula peronii</i>	0.00027	"
<i>Pinna squamosa</i>	0.00027	"

Титан. Титан найден в Mollusca недавно. Систематические исследования его только начались. Bertrand, Voronca-Spirt (1930) нашли следующие количества Ti в мягких частях различных Mollusca (табл. 222).

Таблица 222
Содержание Ti в Mollusca (без раковин) (в %), по Bertrand, Voronca-Spirt, 1930

Вид	Живое вещество	Сухое вещество
<i>Crassostrea angulata</i>	0.0003	0.00214
<i>Cardium edule</i>	0.0003	0.00205
<i>Mytilus edulis</i>	0.0006	0.00273
<i>Pecten jacobaeus</i>	0.00018	0.00083
<i>Helix pomatia</i>	0.00006	0.00036
<i>H. aspersa</i>	0.00006	0.00046

Каминская (1937) в нашей лаборатории определила Ti в *Mytilus*, *Cardium*. По-видимому, Ti широко распространен в морских организмах, встречаясь всюду, но в количествах очень малых. Данных немного. В частности, ничего не известно о Ti в раковинах, где по некоторым находкам следует его ожидать в большем количестве, чем в мягких частях.

Кобальт и никель. Эти металлы находятся в Mollusca и других Invertebrata в 10–100 раз меньших количествах, чем это известно для Mn, Cu и Zn. Количественные данные для Ni и Co в Mollusca были получены впервые Bertrand, Mâcheboeuf (1925a), а затем Fox, Ramage (1931). Новые данные Paulais (1936) по нахождению Ni в Mollusca также подтверждают его относительную концентрацию в жабрах и печени; наиболее бедные Ni мускулы, которые, как известно, бедны и другими тяжелыми металлами (табл. 223, 224). Д.П. Малюга показал, что содержание Co того же порядка, как Ni.

Таблица 223
Содержание Ni и Co в Mollusca (без раковин) (в % сухого вещества)

Вид	Комментарий	Ni	Co	Автор
<i>Mytilus edulis</i>		0.000235	—	Bertrand, Mächeboeuf, 1925a
<i>Crassostrea</i> sp.		0.000174	—	Те же
<i>Haliotis</i> sp.	Нога	0.004	Нет	Fox, Ramage, 1931
<i>Aplysia</i> sp.	Печень	0.004	Следы	Те же
<i>Ripia</i> sp.	Почки	0.005	0.006	"
<i>Aeolidia</i> sp.	Печень	0.0008	—	"
<i>Anodonta</i> sp.		Следы	—	"
<i>Archidorsis</i> sp.	Печень	Нет	0.0034	"
		"	0.0031	"
<i>Cardium edule</i>	2	0.0022	—	Paulais, 1936

Таблица 224
Содержание Ni и Co в Mollusca (мг на 100 г)

Вид	Целый организм						Сифон		Жабры		Автор
	Co		Ni		Ni		Ni		Ni		
	жив. веш.	сух. веш.	жив. веш.	сух. веш.	жив. веш.	сух. веш.	жив. веш.	сух. веш.	жив. веш.	сух. веш.	
<i>Mya arenaria</i>	—	—	—	—	0.0191	0.096	0.0208	0.1475	0.0208	0.1475	Paulais, 1936
<i>Pecten maximus</i>	—	—	—	—	—	—	0.0148*	0.160*	0.0148*	0.160*	Тот же
<i>Crassostrea angulata</i>	—	—	—	—	—	—	0.0213	0.1295	0.0213	0.1295	"
<i>Scrobicularia piperata</i>	—	—	—	—	0.0438**	0.240**	—	—	—	—	"
<i>Cardium edulis</i>	—	—	—	—	—	—	0.1755*	1.495*	0.1755*	1.495*	"
	$4.3 \cdot 10^{-5}$	$2.1 \cdot 10^{-4}$	$1.5 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-4}$	—	—	—	—	—	—	Malpoga, 1946
<i>Pecten islandicus</i>	$1.5 \cdot 10^{-6}$	$6.8 \cdot 10^{-6}$	$4.5 \cdot 10^{-6}$	$2.1 \cdot 10^{-5}$	—	—	—	—	—	—	Тот же
<i>Mytilus edule</i>	$3.3 \cdot 10^{-5}$	$1.7 \cdot 10^{-4}$	$4.8 \cdot 10^{-5}$	$2.4 \cdot 10^{-4}$	—	—	—	—	—	—	Malpoga, 1946
<i>Littorina littorea</i>	—	—	—	0.02***	—	—	—	—	—	—	Webb, 1937
<i>Pleurobranchus plumula</i>	—	0.025***	—	0.15***	—	—	—	—	—	—	Тот же

Таблица 224 (продолжение)

Вид	Мантия		Нераторангеас		Нога и половые органы		Мускул		Автор
	жив. веш.	сух. веш.	жив. веш.	сух. веш.	жив. веш.	сух. веш.	жив. веш.	сух. веш.	
<i>Mya arenaria</i>	0.0164	0.0910	0.0234	0.111	0.0083	0.0445	0.0037	0.0200	Raulais, 1936
<i>Recten maximus</i>	—	—	0.0258	0.1280	0.0054	0.0315	—	—	Тот же
<i>Crassostrea angulata</i>	0.0133	0.0935	0.0170****	0.10****	—	—	—	—	"
<i>Serobicularia piperegata</i>	—	—	0.0940	0.435	0.0150	0.0725	—	—	"
<i>Recten islandicus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	Малюга, 1946
<i>Mutilus edule</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	Тот же
<i>Littorina littorea</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	Малюга, 1946
<i>Pleurobranchus plumula</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	Webb, 1937
	—	—	—	—	—	—	—	—	Тот же

* Анализ никеля в жабрах и мантии вместе.

** Никель определен в сифоне, жабрах и мантии вместе.

*** В % на сумму катионов + анионов. Данные ориентировочные.

**** Никель определен в нераторангеас и половых органах вместе.

Таблица 225
Содержание Pb в Mollusca (в %), по Chapman, Linden, 1925

Вид	Число анализов	Pb
<i>Mytilus edulis</i>	2	0.0015
<i>Cardium edule</i>	2	0.00035
<i>Littorina</i> sp.	2	0.00126
<i>Buccinum</i> sp.	3	0.00097
<i>Ostrea edulis</i>	3	0.0144!

Совершенно очевидно из этих данных, что чаще и в больших относительно количествах встречается Ni, нежели Co; иными словами, отношение Ni/Co, известное для горных пород, сохраняется и здесь. Исключение составляет *Archidoris*, печень которого, не содержащая совершенно Ni, содержала максимум Co по сравнению с другими Mollusca.

Свинец. К нахождению встречающегося, так сказать, «нормально» Pb в тканях животных относились скептически. Сейчас стало ясно, что Pb обычно находится порядка $10^{-6}\%$ на живой вес организмов. В Mollusca он открыт впервые Forchhammer в 1845 г. Значительно позже несколько исследователей попытались определить его количественно. Данные получились не всегда сходящиеся (табл. 225, 226). Числа Chapman, Linden (1926), по-видимому, преувеличены. На эти данные следует обратить большое внимание и повторить определения Pb. Fox, Ramage (1931) находили свинец нерегулярно в органах Mollusca. Почти всегда он отмечался в печени, например, у *Helix*, *Pecten*, *Pinna*, но не у других Mollusca.

Золото и серебро. Au единственный раз указано в раковинах устрицы Liversidge (1897). О золоте и серебре в морской воде и в морских организмах см. Yasuda и др. Ag было указано также и Forchhammer (1892). Все спектроскопические анализы показывают его нахождение в организмах [см. Zbinden (1930) и др.]. Fox и Ramage (1931) нашли до 0.001% Ag в *Helix aspersa* (нога, раковина). В печени *Pecten* было 0.005% Ag. Ag также находилось у *Aplysia* (в секрете), в печени *Ostrea*, в печени и почках *Pinna*, в печени и других органах *Sepia* и *Loligo*.

Таблица 226
Содержание Pb в Mollusca (в %)

Вид	Живое вещество	Зола	Автор
<i>Helix aspersa</i> (мягкие части)	—	0.2	Webb, 1937
<i>Littorina littorea</i>	—	0.03	Тот же
<i>Purpura lapillus</i>	—	0.1	"
<i>Pleurobranchus plumula</i>	—	0.02	"
<i>Aeolidia papillosa</i>	—	0.03	"
<i>Modiola modiola</i>	—	0.015	"
<i>Pecten maximus</i>	—	0.02	"
<i>Ostrea edulis</i>	$2 \cdot 10^{-5}$	—	Monier-Williams, 1938
<i>Buccinum</i> sp.	$1.3 \cdot 10^{-4}$	—	Тот же

Алюминий. Совершенно случайные данные. В раковинах *Ostrea edulis* был обнаружен Al Bucholz, Brandes (1817), Tressler (1923) и др. Однако большинство определений Fe сделано без отделения Fe от Al. В таблице 227 приведены некоторые

современные определения Al в Mollusca. Порядок содержания в них Al остается 10^{-2} – 10^{-3} % на сухое вещество.

Таблица 227
Содержание Al в Mollusca (в %)

Вид	Число анализов	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
<i>Helix aspersa</i> (мягкие части)		–	0.25	Webb, 1937*
<i>Littorina littoralis</i>		–	0.8	Тот же
<i>Purpura lapillus</i>		–	0.1	"
<i>Pleurobranchus plumula</i>		–	0.1	"
<i>Archidoris britannica</i>		–	0.2	"
<i>Octopus vulgaris</i>		0.0011	–	Meunier, 1936
<i>Vivipara japonica</i>	2	0.0085	0.053	Yamamura, 1934
<i>Meretrix meretrix</i>	2	0.1069	–	Oya, Shimada, 1933
<i>Ommatostrephes sloanipacificus</i>	2	0.0212	–	Те же
<i>Haliotis japonica</i>	2	0.0533	–	"

* В % суммы катионов и анионов; данные предварительные.

Кадмий. Впервые Cd был найден Fox, Ramage (1931) спектроскопически в золе печени *Pecten maximus*, собранных из разных мест. Его находилось от 0.05 до 0.02% на сухое вещество печени. Это единственное вообще количественное определение Cd в организмах. Концентрация Cd (0.2%!!!) очевидна. Webb (1937) определил Cd (в % золы): *Helix aspersa* – 0.03; *Littorina littorea* – 0.001%; *Purpura lapillus* – 0.03; *Pleurobranchus plumula* – 0.04; *Archidoris britannica* – 0.03 (мантия) и 0.01 (остальные части).

Олово. По Orton (1924), олово находилось будто бы в *Ostrea*. Но эти данные вызывают сомнение в их достоверности. Webb (1937) нашел 0.025% Sn в золе *Helix pomatia* и 0.015% в золе *Aeolidia papillosa*.

Ванадий и молибден. Качественно V был обнаружен в следах Panzi (1935) в эмбрионах *Sepia officinalis*. Нахождение Webb (1937) V в заметном количестве у *Pleurobranchus plumula* оказалось ошибочным. Bertrand (1943a, c) определил следующие количества Mo и V в Mollusca (в % сухого вещества).

	Mo	V		Mo	V
<i>Helix</i> sp.	$3.7 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$	<i>Crassostrea</i> sp.	$2.0 \cdot 10^{-4}$	$1.3 \cdot 10^{-4}$
<i>Loligo</i> sp.	$3.0 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	<i>Patella vulgata</i>	$1.1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-5}$
<i>Mytilus edulis</i>	$1.3 \cdot 10^{-3}$	$1.2 \cdot 10^{-4}$			

18. Металлоиды в Mollusca

Иод. Качественные определения иода в Mollusca были сделаны очень давно. Fyfe (1919) не мог найти иод в Mollusca. Cassola (1822) и вскоре Ballard (1825) открыли его в *Doris*, *Venus*, *Ostrea edulis*. Затем Sarphati (1837) нашел I в *Mytilus edulis* и т. д. Он был найден в теле не только морских, но и пресноводных Mollusca (см. Chatin, 1850b), но в значительно меньших количествах (табл. 228, 229).

Порядок содержания I в Mollusca (почти исключительно исследованы были Lamellibranchiata) более или менее выяснился. Иод содержится примерно от $n \cdot 10^{-4}\%$ до $n \cdot 10^{-5}\%$ на живое вещество Mollusca. Иод Mollusca частично извлекают из морской воды, частично получают с пищей. По опытам Loubatié (1930), будучи помещены в морскую воду, в которую добавлен иод, они извлекают его в количествах, превосходящих во много раз нормальное содержание иода в Mollusca (см. то же у Turchini, 1930).

Иод качественно указан был в Mollusca еще Chevallier (1849). В телах Mollusca (табл. 228) иода больше, чем в их раковинах (при расчете на сухое вещество и на золу). В раковинах его содержание очень постоянно. Виды типично морские несколько богаче, чем живущие в прибрежной полосе морей. Nilson, Coulson (1939) нашли иод (в % живого вещества):

<i>Crassostrea virginica</i>	$4.9 \cdot 10^{-5}$	Nilson, Coulson (1939)
<i>Ostrea lipida</i>	$3.0 \cdot 10^{-5}$	Те же
<i>Crassostrea gigas</i>	$3.6 \cdot 10^{-5}$	«
<i>Mya arenaria</i>	$1 \cdot 10^{-7}$	Clark, Adams (1929)

Единственный пример анализа распределения иода по отдельным органам Mollusca мы имеем у Cameron (1914) для *Schizotherus nutalli* (в % сухого вещества):

В раковине	0.000	В сердце и почках	(0.02)
В кутикуле ноги	0.298	В гонадах	0
В мускуле ноги	0.000	В жабрах	0

У Cameron (1915b) данные для I у различных Invertebrata несколько выше, чем это дают другие исследователи. Отсутствие I в жабрах и т. п., может быть, следует объяснить недостаточной чувствительностью метода, избранного автором, для определения I. В гонадах *Pecten Lunde*, Bøe, Closs (1930) находили 0.000073% I на свежее вещество. Turchini (1930) не нашел I в гонадах *Ostrea*.

Иод находился в скорлупе яиц Mollusca и т. п. У пресноводных Mollusca (см. Plepp, 1927; и др.) I на целый порядок меньше (от $n \cdot 10^{-6}$ до $n \cdot 10^{-5}\%$).

Менее заметна разница в содержании I в раковинах морских и пресноводных Mollusca, но, несомненно, она существует (см. табл. 229).

Таблица 228
Содержание I в Mollusca, включая все мягкие части (в мг на 100 г)

Вид	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Место сбора	Авторы
<i>Crassostrea commercialis</i>	0.088	—	—	Новая Зеландия	Hercus, Roberts, 1927
раковина	0.0043	—	—	—	Almquist, Givens, 1935
<i>Cr. virginica</i>	0.116	0.60	—	Атлант. океан, США	Tressler, Wells, 1924
	0.0935	—	—	—	Jarvis, 1928
	—	1.620	—	—	Remington, McClendon, Kolnitz, Calp. 1930
	—	0.03	—	—	Coulson, 1935

Таблица 228 (окончание)

Вид	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Место сбора	Авторы
	0.00	–	–	–	Hodges, Peterson, 1931
<i>Cr. angulata</i>	0.13	–	–	Франция	Bourcet, 1899
<i>Ostrea larida</i> (рынок)	0.031	0.0164	–	Сизтл, США	Lunde, Boe, Closs, 1930
	0.034	0.320	–	–	Те же
<i>Paphia staminea</i>	0.0833	0.4042	–	–	Jarvis, 1928
<i>P. staminea</i> (рынок)	0.022	0.218	–	Сизтл, США	Lunde, Boe, Closs, 1930
<i>Pecten</i> sp. (часть тела)	0.179	1.059	–	–	Те же
<i>Pecten maximus</i>	–	0.12	–	Китайское море	Adolph, Whang, 1932
<i>P. grandis</i>	0.015	0.081	–	Атлант. океан, США	Tressler, Wells, 1924
<i>P. horicius</i>	–	0.5048	–	–	Jarvis, 1928
<i>Mytilus edulis</i>	0.21	–	–	Франция	Bourcet, 1899
<i>M. edulis</i> (в биссуце)	–	42.0	–	Калифорния, США	Cameron, 1915a
<i>M. californica</i>	–	0.4368	–	–	Jarvis, 1928
<i>Venus mercenaria</i>	0.137	0.620	–	Атлант. океан, США	Tressler, Weels, 1924
<i>Solen</i> (?) sp.	–	0.12	–	Китайское море	Adolph, Whang, 1932
<i>Cardium corbis</i> (кожа)	–	236.0	–	–	Cameron, 1915a
<i>Astarte sulcata</i>	0.816	–	–	Нерда, Норвегия	Lunde, Be, 1929
	0.693	–	–	–	Closs, 1931
<i>Siliqua patula</i>	–	0.6875	–	–	Jarvis, 1928
<i>Mya arenaria</i>	–	9.0	–	Калифорния, США	Cameron, 1914
	–	0.24	–	Китайское море	Adolph, Whang, 1932
<i>Schizotherus nuttalli</i> (кожа)	–	9.20	–	–	Cameron, 1915a
<i>Polynices lewissii</i> (оболочка)	–	30.00	–	–	Тот же
<i>Saxidomus gigantea</i>		9.00	–	–	
<i>Haliotis</i> sp.	0.0065	–	–	–	Almquist, Givens, 1935
<i>Littorina littorea</i>	–	0.075	–	–	Bourcet, 1899
<i>Helix pomatia</i> (наземн.)	–	0.032	–	–	Тот же
<i>H. aspersa</i>	0.010	–	–	–	Sandonnini, 1930
<i>Octopus</i> sp.	0.86	–	–	–	Closs, 1931
<i>Haliotis</i> sp.	–	0.3621	–	–	Jarvis, 1928

Таблица 229
Содержание I в раковинах Mollusca (в мг на 100 г)

Вид	Комментарий	Зола	Место сбора	Автор
L a m e l l i b r a n c h i a t a				
<i>Ostrea edulis</i>		0.134	Средиземное море	Fellenberg, 1934
		3.00	Santader, Франция	Chatin, Müntz, 1895
	5	0.45	Разные моря – Северное, Средиземное и др.	Wilke-Dörfurt, 1928
<i>O. densibamellata</i>		0.46	Тихий океан	Тот же
<i>Mytilus edulis</i>	3	0.49	Разные моря	Plepp, 1927
		0.70	Ostsee	Тот же
		9.00	Атлантический океан	Wilke-Dörfurt, 1928
<i>Cyprina islandica</i>		0.34	Северное море	Тот же
<i>Petricola pholadiformis</i>		0.16	То же	"
<i>Tellina baltica</i>		0.21	"	"
<i>Venus verrucosa</i>		0.4	"	"
<i>V. gallina</i>		0.13	Неаполитанский залив	"
<i>Mya arenaria</i>		0.02	Балтийское море	"
<i>Tapes decussata</i>		0.2	Средиземное море	"
<i>Cardium edule</i>	Белая	3.10	"	Plepp, 1927
	Черная	12.00	"	Тот же
<i>Cardium tuberculatum</i>		0.27	Неаполитанский залив	Wike-Dörfurt, 1928
<i>Danax trunculus</i>		0.31	То же	Тот же
<i>Cardita sulcata</i>		0.1	Адриатич. море	Plepp, 1927
<i>Dreissenia polymorpha</i>	Пресноводная	0.49	Рейн	"
<i>Anodonta cygnea</i>		0.2	"	"
<i>Unio pictorum</i>		0.4	"	"
<i>U. tamidus</i>		0.02	Неккар	"
<i>U. crassus</i>		0.16	То же	"
C e p h a l o p o d a				
<i>Sepia officinalis</i>		0.045	Средиземное море	Fellenberg, 1924
<i>Octopus sp.*</i>		–	–	Closs, 1931
<i>Cypraea tigris</i>		0.02	Индийский океан	Wilke-Dörfurt, 1928
G a s t r o p o d a				
<i>Littorina littorea</i>		0.54	Северное море	Тот же
<i>Buccinum undatum</i>		1.27	То же	"
<i>Cerithium vulgatum</i>		0.73	Средиземное море	"
<i>Murex brandaris</i>		2.40	То же	"
<i>Patella scutellaris</i>		0.7	"	"
<i>Vivipara vivipara</i>		0.11	–	"
<i>Helix aspersa</i>		0.024	–	Sandonnini, 1930

* 0.86 в живом веществе.

Исследователи отмечают меньшее содержание I в ископаемых (или старых) образцах раковин [см. Mohr (1865); Wilke-Dörfurt (1928), Krafft] (в табл. 229 см. *Cypraea tigris*), чем в раковинах, взятых непосредственно от живых Mollusca. По Fellenberg (1924), часть иода в раковинах Mollusca находится в виде органического соединения, часть – в виде неорганического; например, в раковине *Ostrea edulis* $1 \cdot 10^{-5}\%$ было неорганического и $1.24 \cdot 10^{-4}\%$ органического иода.

Бром. Вскоре после открытия Br он был обнаружен качественно Cassola (1822), Balard (1826), Sarphati (1837) вместе с иодом в теле различных Mollusca. Тогда же исследователи обратили внимание на то, что Br в Mollusca всегда больше, чем I. Chatin, Müntz (1894) также находили в раковинах *Ostrea* больше Br, чем I (0.005%). С тех пор (сто лет назад) никто не возвращался к этому вопросу. Недавно у нас в лаборатории были поставлены систематические исследования на содержание Br в Mollusca и др. А. Симорин нашел в теле *Bacchiinum undatum* $5.84 \cdot 10^{-3}\%$; в теле *Neptunea despecta* – $5.9 \cdot 10^{-3}\%$ и в *Pecten islandicus* – $4.65 \cdot 10^{-3}\%$ Br в живом веществе. Подробные исследования в этом направлении обещают открыть много нового. Приведем здесь данные Neufeld (1936) (в % сухого вещества):

<i>Schizotherus nutalli</i> (кожа, нога)	0.102
<i>Mytilus edulis</i> (биссус)	0.135
<i>Polynices lewissii</i> (оболочка)	0.382

Л.С. Селиванов (1939) впервые получил данные по содержанию брома в пресноводных моллюсках (в % сухого вещества):

<i>Limnaea stagnalis</i>	$2.58 \cdot 10^{-3}$
<i>Vivipara contecta</i>	$1.47 \cdot 10^{-3}$

Достаточно напомнить широко известный факт содержания Br в виде Br-органического соединения в экскрете средиземноморской Gastropoda *Murex brandaris* и других видах этого рода. Этот экскрет на воздухе изменяется, образуя краску, употреблявшуюся в древности (пурпур древних) для окраски тканей.

Friedländer (1909), получив этот пигмент из 12 000 экз. *Murex brandaris*, смог определить его химическую структуру. Пигмент оказался 6,6-диброминдиго и находился как в коже, так и в раковине⁶⁹.

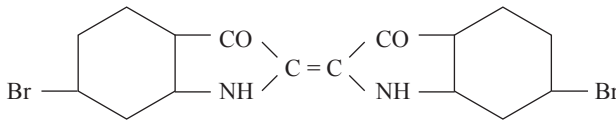


Таблица 230
Содержание As в Mollusca (без раковин) (в %)

Вид	Число анализов	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
<i>Ostrea edulis</i>	5	0.00041		Chapman, 1926
		0.00037	–	Cox, 1924 (см. Orton и др., 1924)
		0.0002	–	White, 1933

⁶⁹ См. о пигменте в *Haliotis*; о Br в пурпуре см. Vialli (1922) и Dubois.

Таблица 230 (окончание)

Вид	Число анализов	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
<i>Crassostrea virginica</i>	11	0.00011	–	Hiltner, Wichmann, 1919
<i>Crassostrea angulata</i>	4	0.0034	–	Chapman, 1926
	8	0.0034	–	То же
<i>Mytilus edulis</i>	6	0.0068	–	"
<i>Cardium edule</i>	6	0.0019	–	"
<i>Buccinum</i> sp.	6	0.0018	–	"
<i>Littorina littorea</i>	6	0.0021	–	"
<i>Helix horfensis</i>	2	0.00003	–	"
<i>Sepia officinalis</i>		–	0.0049	Bertrand, 1903
<i>Mya arenaria</i>		0.0002	–	White, 1933

По-видимому, пигменты типа индиго встречаются и в других Mollusca. *Purpura brandii* и другие виды этого рода, такие как *P. haemostoma* из побережья Западной Сирии, *P. asperta* из западного побережья Мексики, а также широко распространены виды *P. lapillus*, тоже содержат пигмент, в котором бром, по-видимому, находится в форме 6,6-диброминдиго. Нужно думать также, что присутствие аналогичных пигментов у морских животных увеличивает общее содержание Br у них. Кстати, напомним, что и I находится частично в Mollusca в органическом соединении.

Мышьяк. Во всех морских Mollusca содержание As высокое, оно иногда достигает порядка $10^{-3}\%$ на живой вес, как это следует из данных Chapman (1926). Большую серию определений As в *Ostrea* проделали Hiltner, Wichmann (1919) в США, причем количество As в них было более или менее постоянно, колеблясь от следов до 0.00015% As в сухом веществе – в среднем около 0.0001% As. Тот же порядок чисел для *Ostrea* и у других авторов. Прежние определения Orton (1924) относятся к устрицам с английских берегов. Он находил обычно от следов до $4 \cdot 10^{-4}\%$ на свежее вещество, в среднем около $n \cdot 10^{-4}\%$ As, что несколько выше данных других авторов. В зеленых устрицах резко увеличивается содержание As (как и Cu). Chapman (1926) наблюдал исключительно высокое содержание As у *Mytilus edulis*. Он считал, что явления отравления *Mytilus edulis* (митилизм) зависят от присутствия большого количества в них As. Новые определения As произведены были Yamamura (1934) в *Vivipara japonica* – $6.1-4.6 \cdot 10^{-4}\%$. Luzanski (1935) – для различных морских организмов, Штемберг (1939) – в мидиях с тихоокеанского побережья – 0.349 мг на 100 г сухого вещества. Несравненно беднее As наземные Mollusca (табл. 230).

Фтор. Все раковины Mollusca содержат F. Качественные указания имеются в ранних работах прошлого века: у Nickles (1858), Mohr (1865), Kupffer (1870), а также у Andrée (1909). Попытки количественно определить F в раковинах Mollusca сделал Carles (1907a, b). Он нашел в раковинах следующие количества F (в %):

<i>Ostrea edulis</i>	0.012
<i>Mytilus edulis</i>	0.012
	0.003
<i>Limnaea, Planorbis</i>	0.003
<i>Helicidae</i>	0.003
<i>Ostrea edulis</i>	0.003 (по Chatin, Müntz, 1894)

Фтора в раковинах морских Mollusca больше, чем в раковинах пресноводных. Это может быть объяснено тем, что в море, в морской воде, фтора в 10 раз больше, чем в воде пресных водоемов (море $- n \cdot 10^{-4}\%$; реки и т. п. $- n \cdot 10^{-5}\%$ F). Еще больше его в ископаемых раковинах морских Mollusca.

Мы систематически с помощью микрохимической реакции (с циркон-ализариновым индикатором) опробовали на F различные минеральные включения в тканях беспозвоночных. Из Mollusca в единственном случае минеральные включения кожи *Archidoris britannica* дали положительную реакцию на F. Из-за отсутствия достаточного количества материала мы не могли определить характер соединения F. Однако высокое содержание F в теле этого моллюска подтверждается анализами McCance, Masters (1937), нашедшими до 3.0% F в теле, и Webb (1937) – до 2% F в золе некоторых видов. Возможно, минеральные включения (спикулы) этого моллюска состоят из CaF_2 , как полагали ранее Fox, Ramage (1931)⁷⁰. Это должно быть подтверждено.

⁷⁰ Woodland (1907b), Prenant (1928b) и др. нашли, что спикулы *Doris* по форме представляли собой обычные сферулиты. После декальцификации спикул органического вещества не оставалось. Эти исследователи полагали, что спикулы кальцитовые. Rinne (см. Prenant, 1928b) и Odom (1951b), используя для исследования рентгеновские лучи, обнаружили, что спикулы голожаберных *Doris* и *Archidoris* имеют аморфную структуру. С другой стороны, Mayer, Weineck (1932) также с помощью рентгеноскопии обнаружили ватерит и арагонит у некоторых *Doris*, которые хранились в 70%-м спирте.

Глава XVI ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ ARTHROPODA

1. Общие замечания

Arthropoda в современных морях представлены почти всеми видами Crustacea, представители всех других классов Arthropoda представлены в море немногочисленными видами.

Так, например, из Merostomata сохранился единственный род *Limulus*, или так называемый мечехвост, из Insecta – *Halobates*¹ и т. п. Геохимическая роль Crustacea (а также вымерших Merostomata), имея в виду главным образом участие их в образовании стяжений, значительна, хотя и не вполне освещена. Так, хорошо известно, например, что раковины Ostracoda образуют известняки (острокодовый известняк); планктонные Crustacea и, в частности, по-видимому, Trilobita и другие Merostomata сыграли известную роль в образовании фосфоритовых отложений (см. об этом дальше). Химический состав большинства Crustacea, так же как и вымерших Merostomata и Trilobita (преимущественно морских организмов), близок по составу к Arachnoidea, которые адаптированы к существованию на суше. Химический состав других классов Arthropoda, исключая Muriapoda и Insecta, складывался под влиянием разных условий суши.

С химической стороны Crustacea изучены лучше, чем другие классы Arthropoda (например, Insecta или Arachnida). Исследования, посвященные вопросу о химическом составе Crustacea (главным образом морских)², имеют то общее с аналогичными работами по исследованию Mollusca, что они развивались по тем же направлениям, а именно: с одной стороны, изучался состав панцирей и других частей скелета раков, а с другой – состав крови и кровяного пигмента. В меньшей степени привлекал внимание состав внутренних органов раков и т. п.

Несмотря на то, что химический состав Crustacea интересовал ученых довольно давно, более или менее полных анализов Crustacea или их отдельных частей, органов очень немного. Первые анализы относятся к составу панцирей и принадлежат Merat-Guillot (1797), Chevreul (1820), Göbel (1823), а значительно позже находим их у многих других ученых. Анализы указывали на глубокое отличие состава скелетов большинства Crustacea от скелетов всех других Invertebrata. Их особенностью являлось высокое содержание фосфора в скелете, в свое время давшее повод сравнивать состав панцирей раков с составом костей Vertebrata. Химический состав панцирей и других частей скелета, а также целых организмов из разных порядков Crustacea отличается, в частности, не только содержанием фосфатов, но и других химических элементов. Почти в каждом отряде Crustacea, а иногда и в пределах более мелких таксономических единиц намечаются свои черты химического состава. Мы далее увидим различия в содержании P, Fe, Cu и других химических элементов. Таким образом, почти в каждом случае, а иногда внутри меньших таксономических единиц имеются особые характеристики химического состава.

Мышечная система Arthropoda приобрела тонкую дифференциацию. Солевой состав тканей напоминает солевой состав мышц Mollusca. Гладкая (сердечная) и поперечнополосатая мышцы различаются по составу.

¹ Морских Insecta анализов нет.

² Из пресноводных только для *Astacus fluviatilis* (*Potamobius*) известны многочисленные определения.

2. Содержание воды, золы, азота и хлора в Crustacea

При сравнении содержания H_2O , золы, азота и хлора у разных видов из разных отрядов Crustacea, несомненно, обнаруживаются различия. Для большей полноты картины мы несколько отступим от принятого порядка и позволим себе ниже привести несколько более подробно некоторые данные, относящиеся к составу наземных и пресноводных Crustacea.

В среднем все Crustacea содержат около 70–80% воды в живом состоянии. Содержание же зольного остатка от вида к виду значительно колеблется – иногда от долей процента до 50% и больше. Высокая зольность при относительно высоком содержании P в золе большинства Crustacea указывает на их большую роль в обмене P в море. К этому вопросу мы вернемся позже.

Вода, органическое вещество, зольный остаток (в главном представляющий минеральную часть скелета – панциря Crustacea) у разных видов находятся, таким образом, в различных соотношениях. В ранних исследованиях биологов очень часто приводятся определения сухого остатка, золы у пресноводного рака *Potamobius fluviatilis* (*Potamobius astacus*). Определение H_2O для *Potamobius fluviatilis* известно еще у Geoffroy (1705). Позже более систематические данные в этом отношении находим у Bezold (1857), König (1879), Krukenberg (1881–1882), Vernon (1895) и др. Среди более новых анализов большинство относится к составу отдельных органов или тканей (мясу раков) Crustacea или их панциря. Ряд других определений касается состава рачкового планктона, например, Соперода у Brandt (1898), Waksman, Carey, Reuszer (1933), Виноградова и др. В известной мере могут быть использованы для сравнения химического состава данные, относящиеся к продуктам, получаемым из Crustacea³.

В общем, наблюдается правило, что виды Crustacea планктонные (как, например, многие Соперода, *Calanus finmarchicus*, затем Daphnidae и т. д.; Branchiopoda, например, Cladocera, Mysidae и др.) менее богаты золой, чем типично бентосные Crustacea, например, большинство Decapoda и др. Мы увидим дальше, что зольность связана с устройством панциря раков, его химическим составом, в частности, со степенью его обызвествления. Нет данных для Ostracoda, известны лишь косвенные указания на их большую зольность (табл. 231–233).

Если мы внимательно разберемся в анализах, произведенных несколькими авторами, относящихся к какому-либо одному виду, то мы заметим их большое сходство между собой, что указывает на постоянство в известных пределах состава Crustacea. Например, все анализы *Gammarus locusta* сходны между собой; одинаково содержание H_2O , золы (и N) у *Calanus*. Анализы *Carcinus moenas* тоже очень единообразны. Ясно, например, что для тех же *Carcinus moenas* характерно высокое содержание золы (до 40%), тогда как для *Crangon* оно меньше – около 20%, для *Potamobius fluviatilis* – около 30%, для *Mysis* – 10–15% (планктон!), т. е. еще меньше.

Соперода содержит золы меньше других. Интересно также, что *Asellus aquaticus* (пресноводный) содержит 80% H_2O и золы около 8%, а *Oniscus marinus* (наземная изопода) – около 70% H_2O и больше 10% золы. Следует помнить, что возраст Crustacea, место и время их сбора сказываются на составе. *Calanus finmarchicus* из Белого моря, по нашим данным, содержали от 8.06 до 16.64% золы.

³ Мы их не даем здесь; их можно найти у König (1879), Kuo-Hao Lin (1926b) и др. О составе высушенной муки из ракообразных см. Harry "Crabs as Fertilizer"; см. также Daniel, McCollum (1931) и Morschner.

Таблица 231
Содержание H₂O и зола (остатка от прокалывания) в Crustacea и Xiphosura (в %)

Вид	Комментарий	Вода в живом веществе		Зола		Автор
		живое вещество	сухое вещество	живое вещество	сухое вещество	
<i>Daphnia pulex</i>	Пресноводные	Brachiopoda	90.67	1.72	—	Geng, 1925
			—	—	27.03	Meyer, 1914
<i>Sida lyalina</i>	8; пресноводные		—	—	18.30	Birge, Juday, 1922
			—	—	21.5	Morawski, 1897
<i>Holopedium gibberum</i>	Пресноводные		—	—	7.74	Birge, Juday, 1922
<i>Leptodora</i> sp.	3; пресноводные		—	—	11.60	Те же
<i>Bosmina</i> sp.	Пресноводные		—	—	3.30	Volk, 1906
			—	—	17.4	Knauth, 1907
<i>Balanus balanoides</i>		Cirripedia	30.39	64.04	92.00	Weigelt, 1891
			—	—	—	—
<i>Rhinocalanus gigas</i>		Coropoda	90.78	0.052	0.60	Hensen, 1887
			84.91	0.007	0.45	Тот же
<i>Euchaeta</i> sp.*			—	—	4.40**	Отт, 1933
<i>Euchaeta norvegica</i>			—	—	3.78	Hensen, 1887
<i>Centropages hamatus</i>			93.43	0.25	—	Виноградов, 1930a
<i>Calanus finmarchicus</i>			86.70	—	—	Тот же
			84.80	—	—	—
			85.70	—	—	—
<i>Calanus finmarchicus</i> *			—	—	14.16	Виноградов, 1931
Смешанный рачковый планктон			—	—	—	Stiehr, 1922 (см. Brandt, Raben, 1919–1922)
			—	—	10.92	Brand, 1898
<i>Limnocalanus</i> sp.	Пресноводные		—	—	9.3	Morawski, 1897
<i>Anomalocera patersoni</i>			—	—	4.10	Birge, Juday, 1922
<i>Eutoma</i> sp.*	Пресноводные		—	—	6.61	Deiff, 1912
			—	—	4.24	Volk, 1906

Таблица 231 (продолжение)

Вид	Комментарий	Вода в живом веществе	Зола		Автор
			живое вещество	сухое вещество	
<i>Cyclops</i> sp.		—	—	5.74	Birge, Juday, 1922
<i>Mysis flexuosa</i>		Mysidaceae	—	11.85	Delff, 1912
	Внутренние органы	77.79	3.55	15.99	Hensen, 1887
<i>Gammarus locusta</i>		Amphipoda	1.63	—	Valenzuela, 1928
	Пресноводные	79.67	—	—	Неопубликованные данные***
<i>Gammarus pulex</i>		—	—	23.76	То же
		83.46	—	21.69	Delff, 1912
		78.44	6.28	—	Geng, 1925
<i>Carinogammarus roeselii</i>		73.91	6.18	—	Meyer, 1914
		77.63	—	—	Geng, 1925
<i>Hyalella knickerbockeri</i>		78.00	—	—	Schumann, 1927
	Пресноводные	—	—	28.60	Birge, Juday, 1922
<i>Glyptonotus entomon</i>		Isopoda	—	—	
		80.33	—	27.87	Delff, 1912
	Пресноводные	69.61	11.80	39.08	Meyer, 1914
<i>Oniscus murarius</i>	Пресноводные	68.17	10.62	33.36	Bezold, 1857
<i>Armadillium</i> sp.		—	—	32.0	Виноградов, 1935
<i>Asellus aquaticus</i>		80.90	8.0	41.80	Meyer, 1914
	Пресноводные	80.23	7.02	—	Geng, 1925
<i>Pemaeus indicus</i>		(94)	—	—	Spielmann, 1713
	Decapoda	75.49	2.84	—	Greshoff, 1903

Таблица 231 (продолжение)

Вид	Комментарий	Вода в живом веществе	Зола		Автор
			живое вещество	сухое вещество	
<i>Penaeus</i> sp.		72.03	2.55	—	Etorma, 1928
<i>Crangon vulgaris</i>		74.52	5.04	—	Buttenberg, 1908
	Мышцы	78.8	1.21	—	Balland, 1898a
		75.18	—	19.71	Delff, 1912
		83.06	4.07	24.00	Weigelt, 1891
<i>Palaeon</i> sp. (?)	Мышцы	70.8	2.58	—	Atwater, 1892
<i>Notarus vulgaris</i>		77.31	1.72	—	Nemala, 1888
	Яйца	76.61	—	12.52	Rayen, 1854
	Покровные части	62.98	—	9.10	Тот же
		75.48	1.43	—	Valenzuela, 1928
	Мышцы	80.07	2.49	—	Тот же
<i>Eupagurus bernhardus</i>		76.5	—	0.99	Balland, 1898a
<i>Paralithodes</i>	Мышцы	80.51	7.28	37.74	Weigelt, 1891
<i>samtschatica</i>		74.42	—	—	Okuda, Matsui, 1916
<i>Jasus lalandii</i>	Мягкие части, мышцы	79.55	—	—	Matsui, 1916b
<i>Nephrops norvegica</i>		75.00	1.2	—	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Rotomobius flavitatis</i>		73.19	10.15	37.86	Meyer, 1914
		79.66	6.37	31.34	Кубовец, 1931***
		71.12	9.45	32.72	Тот же
		74.12	9.061	—	Bezold, 1857
3		77.96	7.02	—	Неопубликованные данные***
<i>Maja verrucosa</i>	Яйца	56.4	1.79	—	Wetzel, 1907

Таблица 231 (окончание)

Вид	Комментарий	Вода в живом веществе	Зола		Автор
			живое вещество	сухое вещество	
<i>Nepturus pelagicus</i>		80.37	–	–	Machida, 1910
<i>Carcinus maenas</i>		71.8	–	41.91	Delff, 1912
<i>Cancer pagurus</i>		79.77	10.02	49.53	Weigelt, 1891
		62.64	16.45	44.02	Weigelt, 189
<i>Squilla mantis</i>	Stomatopoda				
		71.96	5.94	26.90	Krukenberg, 1881–1882
<i>Limulus polyphemus</i>	Xiphosura				
	Яйца	49.63	1.97	3.91	Greshoff, 1903

* Планктон, преобладающая форма.

** Максимум.

*** Неопубликованные данные Лаборатории геохимических проблем им. В.И. Вернадского.

Таблица 232
Содержание H₂O, N и золы в Crustacea (в % сухого вещества)

Вид	Комментарий	H ₂ O	N	Зола	Авторы
<i>Paralithodes camtschatica</i>	4; мышцы (мероподит)	76.7	12.7	7.4	Kawaguchi, Simizu, Tani, Tanami, 1936
	4; мышцы (протоподит)	77.5	13.0	7.1	Те же
	4; мышцы	76.0	11.4	7.7	«
<i>Potamobius fluviatilis</i>	Мышцы	81.4	–	–	Scholles, 1933
	Пресноводная; мышцы	82.2	–	–	Тот же
<i>Ertocheir sinensis</i>	Железы кишечного тракта, пресноводн.	56.6	–	–	«
	Лангуст	75.97	3.59	–	Okuda, 1912

Таблица 232 (окончание)

Вид	Комментарии	H ₂ O	N	Зола	Авторы
<i>Ligia exotica</i>	♂♂ ♀♀	73.9 73.7	— —	— —	Nunanoi, 1934a Тот же
Portunid megalopas		—	6.32	—	Соорег, 1939
Portunid zoeas + crangonid larvae		—	7.22	—	Тот же
<i>Balanus balanoides</i>	Науплии	—	9.7	—	«
<i>Epischura haicalensis</i>	Пресноводная	—	10.39	3.59	Виноградов, 1939*
<i>Acanthogammarus sp.</i>		—	6.92	28.23	Тот же
<i>Penaeus brasiliensis</i>		—	6.72	25.70	«
<i>Callinectes sapidus</i>		80.0	—	—	Nilson, Coulson, 1939**
<i>Notarus americanus</i>	Омар	78.9	—	—	«
<i>Penaeus sp. (?)</i>	Креветка	67.3	6.63	35.69	Morgulis, 1916
<i>Crangon vulgaris</i>	Мелкая креветка	66.3	7.60	—	Masters, McCance, 1939
		59.4	9.36	—	Тот же

* Байкал.
** США.

Таблица 233
Химический состав Crustacea (в % живого вещества)

Вид	Комментарий	Na	K	Ca	Mg	P	S	Cl	Зола	Место сбора	Автор
<i>Neomysis sp.*</i>	—	—	5.48	0.82	0.456	1.040	—	21.8	—	—	Автор
<i>Gammarus sp.*</i>	—	—	13.380	2.240	0.373	0.316	—	26.70	—	—	Yamamura, 1934
<i>Idothea sp.*</i>	—	—	15.560	2.650	0.243	0.882	—	30.75	—	—	Тот же

Таблица 233 (окончание)

Вид	Комментарий	Na	K	Ca	Mg	P	S	Cl	Зола	Место сбора	Автор
<i>Rotambius fluviatilis</i>	Мускул	—	0.376	0.018	0.026	—	—	0.135	—	«	«
	Кишечные железы	—	0.343	0.050	0.076	—	—	0.253	—	«	Schollas, 1933
<i>Eriocheir sinensis</i>	Мускул	—	0.339	0.029	0.023	—	—	0.154	—	«	Тот же
	Железы	—	0.138	0.667	0.056	—	—	—	—	«	«
<i>Notapus</i> sp.	Мягкие части	—	—	0.1518*	0.1445*	—	—	—	—	«	Takamitsu, 1936
	Краб	—	—	0.8424	0.9368	—	—	—	—	«	Тот же
<i>Astacus fluviatilis</i>	(2)	—	—	—	0.0287	—	—	—	—	«	Wolff, Rangier, Bourquard, 1936
		—	—	—	0.0267	—	—	—	—	«	Те же
<i>Epischura baicalensis</i> *		—	—	0.23	0.08	1.32**	—	0.120	3.59	Байкал	Виноградов, 1939
<i>Acanthogammarus godlewski</i> *	Молодые	—	—	12.0	0.05	1.09***	—	0.60	28.23	«	Тот же
	Взрослые*	—	—	13.48	0.17	1.11***	—	0.57	25.79	«	«
<i>Reanaeus brasiliensis</i>	Мягкие части	—	—	0.05	0.0421	0.2285	—	—	—	«	Nilson, Coulson, 1939
<i>Callinectes sapidus</i>	Мягкие части	—	—	0.1028	0.0336	0.2052	—	—	—	«	Те же
<i>Porunius pelagicus</i>	Мягкие части	0.12	0.52	0.14	0.13	0.22	—	—	2.6	Австралия	Stemens, Hutchinson, 1939
<i>Reanaeus</i> sp.	Мягкие части	0.10	0.38	0.14	0.05	0.15	—	—	2.2	«	Те же
	Мелкая креветка	0.11	0.41	0.05	0.04	0.22	—	—	2.4	«	«
<i>Jasus lalandii</i>	Мягкие части	0.06	0.24	0.04	0.04	—	—	—	—	«	«

* Данные на сухое вещество.

**Si — 0.25%.

***SiO₂ — 0.25%.

У планктонных мелких Crustacea зольность несколько преувеличена вследствие трудности при анализах достигнуть полного удаления из планктона морских солей. Мы наблюдали, что *Calanus* из опресненных районов Белого моря содержит меньше зольного остатка, чем *Calanus* из открытых частей моря.

Яйца Crustacea имеют наименьшее количество H_2O , которое увеличивается по мере развития оплодотворенного яйца, как это находили Weismann (1876, 1877, 1879), Ramult (1930) для Daphnidae, *Ceriodaphnia*, *Scapholeberis*, *Simocephalus*.

В целом состав яиц Arthropoda подобен составу яиц Mollusca и Echinoderma. Покровная ткань яиц – хитин. Содержание азота – в среднем около 2.5% на живое вещество Crustacea, или около 10% на сухое. Содержание азота повышено у тех видов Crustacea, у которых минеральный остаток небольшой. Это главным образом виды Entomostraca. Дифференциация в содержании N зависит, во-первых, от общего содержания органического вещества; во-вторых, от содержания хитина в Crustacea. Нужно считать Crustacea одним из наиболее богатых азотом организмов среди морских Invertebrata. Много N в Copepoda и других планктонных Crustacea. Высокое пищевое значение рачкового планктона общеизвестно (см. о планктоне). Приводим ниже данные для азота в мясе и различных частях раков. Для некоторых видов Crustacea (табл. 234), их тканей было изучено распределение многочисленных азотсодержащих соединений (Campbell, 1935; и др.). Одним из главных азотсодержащих веществ в Crustacea является их хитиновая основа скелета – хитин, в среднем содержащий около 6% азота ($C_{18}H_{30}N_2O_{12}$). Это вещество образует кутикулу всех Arthropoda, в некоторых оно образует тонкую оболочку, как в большинстве планктонных Arthropoda, Copepoda, Arachnoidea, Pantopoda, Tardigrata и т. д., у других оно образует массивный скелет – Crustacea, Coleoptera (Insecta), часто импрегнированный солями кальция, карбонатами, фосфатами и т. д. В Crustacea, Insecta и др. хитин выстилает кишечник и другие органы. Более того, хитиновая ткань Crustacea имеет отношение к осмотической регуляции; хитин пропускает ионы избирательно, что важно для адаптации пресноводных форм к морской воде, и обратно.

Krogh (1939) показал, что Cl в крови *Carcinus moenas* несколько меньше, чем в воде (вода – 530 мг Cl, кровь – 484, а мускулы – 57). При этом с разбавлением воды моря (уменьшением Cl) в крови рака количество Cl практически остается на том же уровне. Вероятно, в регуляции осмотического давления принимают участие и органические вещества. Myers (1929) также нашел в крови *Cancer productus* и *C. antennarius* 2.895% NaCl, когда в воде было около 3.2%. Наблюдения над другими раками в этом направлении см. Morgulis (1916), Duval (1925), Bialaszewicz (1926), Pantin (1931), Bateman (1933), Harreveld (1936), Edmonds.

Drilhon-Courtois, Portier (1939) указывали селективность проникновения ионов солей в гемолимфу *Telphusa* и *Eriocheir sinensis* при их адаптации к соленой воде. Через некоторое время количество Cl стало близким к его содержанию в морской воде, K увеличилось, Na изменилось мало, а Ca не изменилось совсем.

Из работ Pantin (1931), Robertson (1939) и других ясно, что у Invertebrata с открытой кровеносной системой (Echinodermata, Mollusca и др.) состав солей гемолимфы практически идентичен составу морской воды, в то время как современные Crustacea с полузакрытой кровеносной системой выработали способность к осморегуляции, которая изменила состав гемолимфы относительно состава моря; содержание Na, K, Cl стало в этих организмах несколько выше, а Cl, SO_4 и Mg – явно ниже, чем в морской воде.

Таблица 234
Содержание азота в Crustacea и Xiphosura (в %)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
Cyrripedia				
<i>Balanus balanoides</i> *		0.53	–	[**]
		0.46	0.66	Weigelt, 1891
Copepoda				
<i>Calanus finmarchicus</i>		1.5	10.21	Виноградов, 1933
		1.6	9.9	Тот же
		1.5	9.0	«
		–	10.14	Stiehr, 1922 (см. Brandt, Raben, 1919–1922)
<i>Anomalocera patersoni</i>		–	11.55	Delff, 1912
<i>A. sp.</i>		–	10.61	Brandt, Raben, 1919–1922
Amphipoda				
<i>Gammarus locusta</i>		1.58	7.76	**
		–	9.71	Delff, 1912
<i>G. pulex locusta</i>	Пресноводная	–	9.15	Geng, 1925
<i>Gammarus sp.</i>	«	–	8.11	Meyer, 1914
Decapoda				
<i>Neptunus pelagicus</i>	Мышцы	2.14	10.91	Machida, 1910 (?)
<i>Palinurus japonicus</i>		–	14.81	Тот же
<i>Paralithodes camtschatica</i>		3.58	13.99	Okuda, Matsui, 1916
		2.72	13.22	Matsui, 1916b
<i>Penaeus setiferus</i> *		–	16.88	Jones, Moeller, Gersdorf, 1925
<i>P. sp.</i>		3.53	–	Etorma, 1928
<i>Callinectes hastatus</i>		2.66	–	Atwater, 1892
<i>Homarus vulgaris</i>	Мышцы	2.92	12.52	Payen, 1882
	Яйца (?)	3.31	9.10	Тот же
	Весь организм	2.32	–	Atwater, 1892
	Внутренности	3.45	–	Valenzuela, 1928
<i>Pandalus sp.</i>	Мелкая креветка	3.63	–	Тот же
<i>Potamobius fluviatilis</i>	♂♂, пресноводная	1.39	6.85	Кубовец, 1931**
	♀♀* «	2.23	7.72	Тот же
	Пресноводная	1.70	–	«
<i>Potamobius fluviatilis</i>	Мелкая креветка	4.06	–	Atwater, 1892
<i>Carcinus moenas</i>		–	6.38	Delff, 1912
		1.17	5.77	Weigelt, 1891
<i>Crangon vulgaris</i>		–	11.38	Delff, 1912
		1.70	10.06	Weigelt, 1891
<i>Eupagurus bernhardus</i>		1.33	6.83	Тот же

Таблица 234 (окончание)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
<i>Cancer pagurus</i>		1.92	5.13	«
		Mysidaceae		
<i>Mysis flexuosa</i>		–	11.85	Delff, 1912
		Isopoda		
<i>Glyptonotus entomon</i> ***		–	7.59	Тот же
		Xiphosura		
<i>Limulus moluccanus</i>	Яйца	3.08	6.12	Greshoff, 1903

* Вместе с раковинной.
** Неопубликованные данные Лаборатории геохимических проблем им. В.И. Вернадского.
*** Наземная форма; см. у Meyer (1914).

3. Химический состав Entomostraca

Многочисленные представители мельчайших Copepoda, Cladocera, Ostracoda и других Entomostraca – в огромном большинстве типичные планктонные организмы. Морские формы, особенно Copepoda, имеют широкое распространение и играют немаловажную роль в экономике морей. Зоопланктон морей нередко образуется вследствие колоссального развития одного какого-либо вида планктонных рачков, благодаря чему в это время можно собирать почти чистый, монотонный планктон в достаточном количестве для анализов [см. Отг (1934), Campbell (1935) и Виноградов]. Примером подобного развития может служить *Calanus finmarchicus*, в частности, в водах наших северных морей и др. *Calanus finmarchicus* служит главной пищей планктоноядных рыб, например: сельди, макрели и других морских животных. Знание его химического состава, калорийности и т. д. имеет большое практическое значение. Известно массовое нахождение в морском планктоне и других рачков, например, *Anomalocera* и др.

Именно эти виды и были исследованы химиками. Но, как мы уже указывали не раз, такой монотонный зоопланктон невозможно полно и совершенно отделить от той морской воды, которая удерживается на покровах, под створками, в антеннах у планктонных рачков. Все анализы планктона поэтому имеют один общий недостаток – они включают некоторое количество морских солей.

У видов Entomostraca (табл. 235) наблюдаются следующие особенности химического состава, отличающие их от всех Malacostraca: во-первых, в хитине створок некоторых Ostracoda находятся не фосфаты, как у большинства Crustacea, а карбонаты щелочных земель; Cirripedia имеют своеобразную раковину, состоящую главным образом из CaCO₃; во-вторых, все Entomostraca содержат несколько повышенные количества Fe и мало Cu в связи с тем, что в их тканях и крови имеется Fe-содержащий пигмент типа гемоглобина, тогда как у Malacostraca дыхательным пигментом является Cu-содержащий гемоцианин. К более подробному анализу отдельных отрядов Entomostraca мы сейчас и перейдем.

Таблица 235
Содержание N в пресноводных Entomostraca (в %)

Вид	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
Brachiopoda			
<i>Daphnia pulex</i>	–	10.32	Geng, 1925
	–	8.04	Meyer, 1914
(8)	–	7.47	Birge, Juday, 1922
<i>D. pulex</i> *	0.93	10.07	Виноградов, 1930б
	–	8.0**	Knauthe, 1907, 1919
<i>Holopedium gibberum</i>	–	8.35	Birge, Juday, 1922
<i>Leptodora</i> sp.	–	8.94	Те же
<i>Bosmina</i> sp.	–	10.25**	Knauthe, 1907, 1919
Copepoda			
<i>Copepoda</i> ***	–	9.16	Brand, 1898
<i>Limnocalanus</i> sp.	–	7.18	Birge, Juday, 1922
<i>Cyclops</i> sp.	–	9.57	Те же
<i>Diaptomus</i> sp.	–	10.38	«

* Планктон, главным образом состоящий из *Daphnia*.

** На беззольное вещество.

*** Пресноводная.

4. Химический состав *Copepoda*

Более ранние анализы Hensen (1887), Brand (1898), König (1903) и других касаются содержания лишь золы, сухого остатка в смешанном планктоне, преимущественно состоящем из *Copepoda*. За последние годы появились попытки получить аналитические данные для определения видов *Copepoda*. За некоторое время был получен ряд определений, давших для некоторых морских *Copepoda* первое представление об их составе, например, для *Calanus finmarchicus*.

Здесь мы позволим себе вернуться к вопросу о содержании в *Crustacea* C и N. Все известные данные относятся почти исключительно к *Copepoda* (планктону). Поэтому данные о содержании C, N, H, которые мы приводим в таблице 236, не могут быть, к сожалению, сравнены с подобными данными для других *Crustacea*. В целях иллюстрации своеобразия химического элементарного состава *Copepoda* мы можем лишь сравнить их с имеющимися данными по C, N, H для других планктонных организмов, например, *Peridinea*, диатомовых. В пределах каждой из названных групп организмов все авторы дают хорошо совпадающие анализы. Различие в химическом составе этих групп планктонных организмов не вызывает никакого сомнения (ср. содержание C, N, H, P, Ca, Fe). О содержании углерода в раках (*Calanus finmarchicus* и других *Copepoda*) могут дать известное представление анализы Boysen-Jensen (1915); Birge, Juday (1922); Waksman с сотрудниками (1933); Wimpenny, Виноградова (содержание белков, жиров, хитина и т. п.); также анализы Ott (1934); Marschall, Nichols, которые наблюдали в течение сезона изменение содержания жиров, белков и т. п. молекулярных соединений у *Calanus finmarchicus*.

Один из первых анализов зоопланктона, именно веслоногого рачка *Temora longicornis*, произведенный Salkover (см. Clarke, Wheeler, 1922), указал на высокое содержание в планктоне фосфора. Salkover определил в *Temora longicornis* потерю от прокаливания (органическое вещество, вода и т. п.), которая составляла 96.05%; $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$ было 2.77%; нерастворимого остатка – 0.92, т. е. фосфаты составляли около 70% золы. Последующие анализы, приводимые в таблице 237, подтвердили высокое содержание фосфатов в зоопланктоне. Для *Sorperoda* нет наблюдений, которые бы указывали, в каких частях тела концентрируются фосфаты. Можно было бы допустить, что фосфаты, составляющие большую часть зольного остатка *Sorperoda*, собираются в их панцире (или хитиновой оболочке), как это имеет место у высших раков. Однако Са, сопутствующий в определенном количестве фосфору в панцирях, например, высших раков, у всех анализированных *Sorperoda* содержится в заметно меньшем количестве, чем у тех же высших раков или, например, у *Amphipoda* и др.

Таблица 236
Содержание С, Н и N в Crustacea (в % сухого вещества)

Вид	Число анализов	С	Н	N	Автор
C o r e p e r o d a					
<i>Calanus finmarchicus</i>	2	45.86	7.71	10.20	Виноградов, 1933
	2	47.71	7.17	10.14	Brandt, Raben, 1919–1922
<i>Anomalocera</i> sp.	1	42.99	6.79	10.61	Те же
B r a c h i o p o d a					
<i>Daphnia pulex</i> *	1	37.92	5.21	8.04	Meyer, 1914
<i>D. pulex</i> **	2	43.05	7.41	10.07	Виноградов, 1933
A m p h i p o d a					
<i>Gammarus locusta</i>	2	38.11	5.87	7.76	[***]
<i>G. pulex</i>	1	40.34	5.64	8.11	
<i>G. locusta</i>	1	34.33	5.38	–	Meyer, 1914 [***]
D e c a p o d a					
<i>Nephrops norvegica</i>	1	32.42	4.43	8.02	«
<i>Penaeus setiferus</i> ****	1	52.93	6.33	16.88	Jones, Moeller, Gersdorff, 1925
I s o p o d a					
<i>Asellus aquaticus</i> *	1	30.37	4.56	7.86	Meyer, 1914
<i>Oniscus murarius</i> *	1	31.66	4.39	6.72	Тот же

* Пресноводные и наземные.

** Главным образом *Daphnia pulex* и другие Cladocera, Rotatoria.

*** Из анализов Биохимической лаборатории Академии наук СССР.

**** Мускул, высушенный и обработанный спиртом.

Таблица 237
Химический элементарный состав Соперода (в % сухого вещества)

Вид	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	SiO ₂	Зола	Автор
<i>Calanus finmarchicus</i> *	0.40	0.67	2.39	0.12	0.18	14.16	Brandt, Raben, 1919–1922
(3)	0.62	0.34	2.37	0.20	0.14	16.1	Виноградов, 1934
<i>Anomalocera</i> sp.**	0.14	–	0.76	0.28	0.65	15.40	Brandt, Raben, 1919–1922
<i>A. patersoni</i>	2.07	–	1.84	0.86	–	6.61	Delff, 1912
<i>Cyclops</i> sp.***	0.78	0.75	2.32	1.43	–	5.74	Birge, Juday, 1922
<i>Limnocalanus</i> sp.***	0.53	0.42	1.78	0.1	0.1	4.10	Тот же

*Расчет из данного на живое вещество.

**Очевидно, содержали диатомовый планктон.

***Пресноводные.

Таблица 238
Химический элементарный состав зоопланктона
***Calanus finmarchicus* (в % живого вещества)**

Элемент	Екатери- нинская гавань, 1930 г.	Мурман- ское море, 1930 г.	Мурман- ское море, 1931 г.	Элемент	Екатери- нинская гавань, 1930 г.	Мурман- ское море, 1930 г.	Мурман- ское море, 1931 г.
O	79.99	–	–	P	$1.3 \cdot 10^{-1}$	$1.5 \cdot 10^{-1}$	$1.6 \cdot 10^{-1}$
H	10.26	–	–	Ca	$4.0 \cdot 10^{-2}$	$3.6 \cdot 10^{-2}$	$1.1 \cdot 10^{-4}$
C	6.10	–	–	Mg	$3.0 \cdot 10^{-2}$	$2.4 \cdot 10^{-2}$	$4.4 \cdot 10^{-2}$
N	1.52	1.65	1.51	Fe	$7.0 \cdot 10^{-3}$	$1.2 \cdot 10^{-2}$	–
Cl	1.05	1.18	1.07	Si	$7.0 \cdot 10^{-3}$	$1.5 \cdot 10^{-2}$	–
Na	$5.4 \cdot 10^{-1}$	$6.5 \cdot 10^{-1}$	–	Br	$9.0 \cdot 10^{-3}$	$1.0 \cdot 10^{-2}$	–
K	$2.9 \cdot 10^{-1}$	$2.9 \cdot 10^{-1}$	–	I	$2.0 \cdot 10^{-4}$	$9.0 \cdot 10^{-4}$	–
S	$1.4 \cdot 10^{-1}$	$1.5 \cdot 10^{-1}$	$1.6 \cdot 10^{-1}$				

При большом содержании фосфора – малое относительно содержание Ca. Та же картина и у пресноводных Соперода – *Cyclops*, *Limnocalanus*. В то же время в Соперода количество Mg, как видно из анализов Birge, Juday (1922); Brandt, Raben (1919–1922); Виноградова, столько же, сколько примерно и Ca, чего никогда не наблюдается, например, у Decapoda и других Malacostraca, у которых содержание Mg во много раз меньше, чем содержание кальция (см. табл. 241). Таким образом, по-видимому, лишь небольшая часть P в Соперода связана с Ca.

В таблице 238 приводим наиболее полные анализы *Calanus finmarchicus*, произведенные нами. Должно быть проверено, в какой мере высокое содержание серы зависит от присутствия сульфатов морской воды. Si в Соперода и в других Crustacea очень мало. О тяжелых металлах и галоидах см. ниже. Содержание железа, частичные данные для которого мы привели здесь, сильно варьирует.

Мы наблюдали содержание железа до 15.0% Fe_2O_3 в золе некоторых проб планктона из *Calanus* (Баренцево море), причем зола была резко окрашена окислами Fe. Beneden (1880) у *Lernanthropus*, *Clavella*, *Congericola* нашел гемоглобин. Физиологическое значение его не было изучено. Для нас важно, что железный обмен у *Copepoda* может быть частично связан с их порфириновым обменом.

5. Химический состав Brachiopoda

Этот отряд представлен анализами лишь для пресноводных форм. В целях большей полноты картины химического состава Entomostraca, для того чтобы подчеркнуть типичность состава отдельных отрядов Crustacea, мы остановимся на этой группе пресноводных организмов. Исследованы были Cladocera, главным образом *Daphnia*, *Leptodora*. Все Brachiopoda вообще богаты фосфором и содержат еще более высокое количество P и Ca сравнительно с *Copepoda*. Содержание же Mg в 5–10 раз меньше Ca; иными словами, у них наблюдается тенденция к накоплению Ca, к иному отношению Ca/Mg по сравнению с тем, что мы наблюдали для *Copepoda* (см. табл. 237).

Таблица 239
Химический элементарный состав Brachiopoda (в % сухого вещества)

Вид	Число анализов	CaO	MgO	P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2	Зола	Авторы
<i>Daphnia pulex</i>	3	4.71	0.65	3.50	1.83	1.84	14.31	Birge, Juday, 1922
		8.71	—	6.78	3.22	5.99	27.03	Meyer, 1914
*	2	2.30	0.35	4.78	0.18	0.25	11.28	Виноградов, 1928
<i>Leptodora</i> sp.		3.22	0.95	3.52	1.10	0.22	15.50	Birge, Juday, 1922

* Главным образом *Daphnia* с другими Cladocera и Rotatoria.

Leydig (1860) наблюдал нерегулярно в отдельных индивидуумах *Daphnia*, особенно в *Daphnia longispina*, нахождение $CaCO_3$ в их хитиновом панцире. Ряд других авторов позже встретился с тем же явлением. Gicklhom (1925) недавно вновь вернулся к вопросу о нахождении $CaCO_3$ в панцирях Daphnidae. Он нашел в панцирях *Daphnia pulex*, *D. magna* и других $CaCO_3$ в аморфном состоянии; выделившийся же на поверхности панцирей $CaCO_3$ оказался кристаллическим, в форме кальцита. Автор нашел также, что помимо $CaCO_3$ в панцире находятся и фосфаты. Количественного определения для фосфатов он не дал. Содержание Ca в панцирях Daphnidae колеблется, на что косвенно указывают данные таблицы 239. Им исследовано было до 10 видов. По характеру кальциевого обмена Cladocera (Daphnidae, в частности) стоят ближе к Gammaridae [см. об этом у Schumann (1927)] и к Ostracoda [см. у Fassbinder (1911–1922)], у которых Ca хитинового скелета мобилизуется из старых панцирей (при смене панциря) и частично непосредственно из пищи. Этот процесс, вероятно, преобладает у всех низших раков, тогда как у Decapoda и у других Ca мобилизуется из резервов их печени. На содержание фосфатов в панцирях (помимо $CaCO_3$) указывает и Meyer (1914). Исходя из расчета содержания Ca и углекислоты в золе панцирей, он получил 1.17% Ca, связанного с CO_2 , и 7.54% Ca, связанного с фосфорной кислотой. Вопрос о нахождении фосфатов Ca в панцирях Cladocera

(подобно тому, как это известно для высших раков) может быть решен непосредственно анализом их панцирей на фосфаты. Известны старинные указания на концентрацию CaCO_3 в створках *Estheria*, например, у Schmidt (1924). Нами были сделаны анализы панциря *Apus lapidurus*⁴, который содержал следы Р и около 0.15% Са, а также заметное количество Мп, что в основном является исключением среди Invertebrata, так как подобные количества этого элемента обычно не присутствуют в частях скелета.

Очень своеобразен рачок *Artemia salina*, обитающий массами во многих соленых озерах, морских заливах и водоемах с большим содержанием солей, особенно сульфатов⁵ (например, в насыщенных растворах Na_2SO_4 !). В зависимости от солености воды он образует вариететы. Рачки почти не были изучены с химической стороны, поэтому особенно интересен единственный, кажется, анализ *Artemia salina* из соленого озера в Кордобе (Аргентина, оз. Мар-Чикита), сделанный Stuckert (1933). В золе было найдено 74.92% NaCl . Был найден алюминий. В оболочках яиц *Artemia salina* Needham и Needham (1930) нашли Са. Яйца их содержали много Р (см. Tichomirowff).

Cladocera, особенно *Daphnia*, содержат обычно много Fe. Schneider (1888, 1922) и др. гистохимически показали концентрацию Fe в оболочках яиц у Cladocera. Schneider считал, что Fe здесь играет роль защитного и цементирующего вещества. Им же и другими отмечалось относительное богатство железом пресноводных форм по сравнению с морскими, что не противоречит приведенным выше анализам рачков.

В связи с этим нам кажется важным напомнить, что у *Daphnia*⁶, *Branchipus stagnalis*, *Artemia salina* и других Branchiopoda в крови был найден пигмент типа гемоглобина. Он впервые был найден Lankester (1871) у Cladocera. Затем Poisson (1926) отмечал индивидуальные колебания в содержании гемоглобина у *Daphnia*. Несколько слов еще о других видах Branchiopoda – загадочных *Apus*. Кровь их имеет также интенсивно красный цвет благодаря содержанию в ней гемоглобина, открытого Regnard, Blanchard (1883) в *Apus cancriformis*, *Apus productus*. Красный цвет крови также имеют некоторые Estheridae, согласно Klunzinger [см. Gerstaecker (1866–1879)]. У многих же других Branchiopoda, как замечает Gerstaecker (1866–1879), она бесцветна или окрашена только у молодых особей.

6. Химический состав Ostracoda

О химическом составе Ostracoda приходится лишь догадываться на основании исследований пород (известняков), образуемых ими⁷. Многие виды Ostracoda содержат в створках своих раковин различные количества CaCO_3 . Zenker наблюдал включения CaCO_3 в 1854 г. в Ostracoda. Fassbinder (1911–1912), Leydig находили кристаллы CaCO_3 в створках большинства Cypridae – *Cypris pubera*, *C. flava* и др. Müller (1894) в своей монографии об Ostracoda указывает, что, например, у *Cythereis prava* и других, помимо CaCO_3 , в створках он находил и MgCO_3 . Других солей он не находил. Очевидно, у Ostracoda отсутствуют фосфаты в створках, а имеется лишь

⁴ Возможно, *Lapidurus apus*.

⁵ Например, в Тамбуканских озерах, Карабугазе, озерах Кулундинских степей и т. д. В озерах Барабинской степи *Artemia salina* образует сапропелевые отложения. Большими массами встречаются яйца *Artemia salina*, окрашенные пигментом, идентичным, по-видимому, с гематитом.

⁶ Fox (1948) показал, что присутствующее количество изменяется в соответствии с концентрацией O_2 .

⁷ Известняки, сланцы. Landa дает анализы цитрисового сланца с *Cypris angustata* и др.

CaCO₃, возможно с подмесью MgCO₃. У ископаемых Ostracoda, многие из которых были более крупными по размерам, нежели современные, раковинки были также инкрустированы CaCO₃.

Некоторые виды Ostracoda имеют хитиновый скелет без минеральных включений. С минералогической стороны в створках Ostracoda, по Müller (1894) и Kelly (1900), CaCO₃ находится в виде кальцита. В ископаемых раковинах Ostracoda находили также кальцит (см. Saueux, 1916). Müller (1894) высказал сомнение, действительно ли при жизни в раковинах Ostracoda и других Crustacea находится кристаллический CaCO₃. Из его опытов следовало, что количество CaCO₃ у некоторых Ostracoda прежде всего зависит от условий питания⁸. Кристаллы CaCO₃ появлялись в препаратах створок после фиксации⁹, при жизни же находился CaCO₃ в аморфном состоянии. Но у *Xestoleberis rara* CaCO₃ и при жизни был найден в раковинах в виде кристаллов; то же, по-видимому, и у *Loxococoncha* (например, *L. impressa*). Schmidt (1924) имел в своем распоряжении большое число раковин различных Ostracoda¹⁰. При их исследовании он постоянно встречался с кристаллическим характером CaCO₃ в створках. Отдельные скопления CaCO₃ иногда были разбросаны в хитиновой основе раковин. Все эти наблюдения указывают, во всяком случае, на тенденцию к легкому превращению аморфного CaCO₃ раковин Ostracoda в кристаллический при известных условиях.

Müller (1894) ставил вопрос, не находился ли CaCO₃ в створках некоторых видов Ostracoda в виде арагонита. Dudich (1929) исследовал панцири 215 различных Crustacea в поляризованном свете. Он пришел к выводу, что рисунок мозаики в панцирях раков, связанных с нахождением CaCO₃, является типичным для определенных порядков Crustacea. Им выделены были типы, характерные для этих порядков (у Ostracoda типичны *Iliodromus*, *Xestoleberis*). CaCO₃ он находил как в мелкоаморфном, так и в крупнокристаллическом состоянии, причем возможен переход из первого состояния во второе. Кристаллический CaCO₃ был главным образом кальцитом, но встречается и фатерит, который, вероятно, как и в других подобных случаях (см. Mollusca) легко переходит в кальцит. В итоге можно сказать, что в раковинах Ostracoda мы имеем, по-видимому, CaCO₃ в виде фатерита, который легко переходит в кальцит.

Нахождение MgCO₃ в створках также говорит о присутствии кальцита. Прямых находок арагонита в створках Ostracoda нет, как нет и экспериментальных данных о том, находятся ли фосфаты в их раковинках. Вернее, они в створках отсутствуют вовсе. Тип мозаики раковин, характер состояния CaCO₃, нахождение MgCO₃ могут иметь систематическое значение. *Cypris*, по Regnard, Blanchard (1883), имеют в крови гемоглобин.

7. Химический состав Cirripedia

Виды Cirripedia резко отличаются по характеру жизни от всех других Entomostraca. Все они ведут неподвижный образ жизни и имеют оригинальную из-

⁸ CaCO₃ чаще у Cypridinae и реже у Halocypridae и Polycopidae.

⁹ Спиртом и т. п., например, у *Pseudophilomedes*. Müller по характеру образования этих кристаллов различает определенные группы Ostracoda. Он исследовал *Xestoleberis rara*, *Loxococoncha*, *Cythereura incongruens* и др.

¹⁰ *Iliodromus olivaceus*, *Stenocypris sinuata*, *Cypris fasciata*, *C. reptans*, *Macrocypris paradoxostoma*, *Darwinella*, *Cycloocypris*, *Candona euplectella*, *Loxococoncha*, *Lymnocythere*, *Codonocera stellifera*, *C. vanhoeffeini*.

вестковую скорлупку. У некоторых видов она составляет главную массу тела. Поэтому Weigelt (1891), например, нашел в *Balanus balanoides* только 30.39% H₂O и 64.04% золы, содержащей только 33.52% CaO, 1.09% P₂O₅ и следы K. Скорлупка, или раковина, по старым определениям Schmidt (1845), состоит главным образом из CaCO₃. Например, в *Lepas laevis* он нашел 96.13% CaCO₃ и 0.63% Ca₂P₂O₈. По Schlossberger (1854–1856), 93.86% CaCO₃ содержится в раковине *Balanus*; см. то же у Home (1806), Göbel (1823).

Из таблицы 240 видно, что содержание Mg в раковинах представителей двух семейств – Lepadidae и Balanidae одинаково и не превышает 2.5%, напоминая в этом отношении состав раковин некоторых Mollusca (имеющих в раковинах кальцит), а также раковин некоторых известных Foraminifera (Perforata).

Таблица 240
Химический состав раковин Cirripedia (в % зольного остатка)

Вид	CaCO ₃	MgCO ₃	Fe ₂ O ₃	Ca ₃ P ₂ O ₈	CaSO ₄	SiO ₂	Место сбора	Автор
<i>Balanus tintinnabulum</i>	94.44	1.20	–	0.36	2.06*	–	–	Bütschli, 1908
<i>B. hameri</i>	99.07	0.75	0.15	0.00	–	0.03	George Bank	Clarke, Wheeler, 1922
<i>B. amphitrite niveus</i>	95.63	1.63	0.72	Следы	–	2.12	Мыс Кейп-Мей, США	Те же
<i>B. eburneus</i>	97.73	1.65	0.22	«	–	0.40	Smith Greek Md., США	«
<i>Lepas anatifera</i>	97.27	2.49	0.20	«	–	0.04	Флорида, США	«
<i>L. anserifera</i>	96.74	1.87	0.58	0.77	–	0.04	Вудс-Хол, Масс., США	«
<i>Mitella polymerus</i>	97.47	2.11	0.33	Следы	–	0.09	Калифорния, США	«
<i>Scalpellum regium</i>	97.02	2.23	–	«	–	0.75**	О-ва Королевы Шарлоты	«
<i>Lepas laevis</i> ***	96.10	–	–	0.7	–	–	–	Schmidt, 1845

* CaSO₄ · 2H₂O.

** Вместе с полуторными окислами.

*** 3.2% органического вещества + H₂O.

CaCO₃ у Cirripedia в их раковинах – у *Lepas laevis* на основании определения Sorby (1879), у *Balanus tintinnabulum* – Bütschli (1908), у *L. anatifera* – Kelly (1900), *Balanus* – Meigen (1901) – находится в виде кальцита. В пределах тех скудных данных, которыми мы в настоящее время располагаем, нельзя указать, существуют ли различия в составе двух семейств – Lepadidae и Balanidae.

Совершенно не известен характер дыхательного пигмента Cirripedia; содержит ли он Fe (как все другие Entomostraca)?

8. Химический состав Malacostraca, Decapoda

Химический элементарный состав отдельных представителей Malacostraca имеет больше общих черт, чем состав видов Entomostraca из разных отрядов. Так, например, в хитиновом панцире всех Malacostraca всегда содержится фосфат Са (и СаСО₃). В крови у всех Malacostraca находится дыхательный пигмент гемоцианин, содержащий медь. Различия в составе отдельных видов из разных отрядов Malacostraca более тонки, поэтому при небольшом по существу аналитическом материале они менее приметны. Эти различия намечаются прежде всего в отношении содержания в панцирях этих раков Са и фосфатов, для которых имеется больше точных данных, чем для других элементов. В целях систематических сопоставлений представляется весьма интересной постановка наблюдений над структурой панцирей в поляризованном свете, облегчающих выяснение химического и минералогического характера минеральных включений панцирей раков.

Химический состав Decapoda. Весь известный материал по химическому составу Decapoda мы можем разделить на две группы. Первая группа – немногочисленные анализы, относящиеся к целым организмам или к отдельным органам Decapoda, и вторая группа – данные более систематизированные, относящиеся к составу панцирей различных Decapoda.

Состав панцирей в зависимости от их величины, соотношения между их весом и весом остальных тканей отражается в той или иной мере на составе Decapoda в целом. Качественные определения состава Decapoda (и очень часто именно *Potamobius fluviatilis*) были сделаны в самом начале XVIII в. Merat-Guillot (1797), Hatchett (1799), John (1814), Thomson (1843) и Geoffroy, которые находили в них щелочи, СаСО₃, фосфаты. Сравнивая между собой эти 10–12 анализов Decapoda, среди которых имеются повторные анализы только для двух видов Decapoda (*Crangon vulgaris* и *Carcinus moenas*), можно лишь с большой осторожностью наметить особенности состава этих Crustaceae.

Так, например, *Crangon* содержат около 10% СаО в теле, а *Carcinus moenas* – 15–20%. Последние богаче и золой (ср. с данными табл. 241). Clarke, Wheeler (1922) нашли в панцире *Crangon vulgaris* (*C. dalli*) самое низкое содержание золы (и, следовательно, СаО) среди всех исследованных ими Decapoda – около 16.3%.

Таблица 241
Химический элементарный состав Decapoda* (в % сухого вещества)

Вид	Комментарий	СаО	К ₂ О	Р ₂ О ₅	Fe ₂ О ₃	SO ₃	SiO ₂	Зола	Автор
<i>Crangon vulgaris</i>		9.55	1.51	2.91	–	–	–	24.00	Weigelt, 1891
		9.38	–	2.47	0.40	–	–	19.71	Delff, 1912
<i>Carcinus moenas</i>		15.14	1.12	2.91	–	–	–	49.30	Weigelt, 1891
		20.09	–	2.89	1.03	–	–	41.91	Delff, 1912
<i>Eupagurus bernhardus</i>		15.29	1.29	3.04	–	–	–	37.74	Weigelt, 1891
<i>Cancer pagurus</i>		14.09	1.37	3.11	–	–	–	44.02	Тот же
<i>Homarus americanus</i> **		–	–	2.24	–	2.47	–	–	Atwater, 1892
<i>H. sp.</i>	Мышцы	0.04	2.58	1.85	0.02	0.07	–	5.41	Griffiths, 1905

Таблица 241 (окончание)

Вид	Комментарий	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SO ₃	SiO ₂	Зола	Автор
<i>Callinectes hastatus</i>		–	–	–	–	–	–	13.90	Atwater, 1892
<i>Cambarus</i> sp.		17.82	–	2.63	1.56	–	0.14	34.37	Birge, Juday, 1922
<i>Cambarus</i> sp.**		–	–	2.85	–	1.39	–	6.99	Atwater, 1892
		17.82	–	2.63	1.56	–	0.14	34.37	Birge, Juday, 1922
<i>Potamobius fluviatilis</i> ***	Мышцы	0.04	2.74	1.94	0.02	0.08	–	5.71	Griffiths, 1905
<i>Maja verrucosa</i> ****	Яйца	0.05	0.38	2.22	–	–	–	–	Bialaszewicz, 1927
<i>Nephrops norvegica</i> *****		15.98	–	1.55	0.56	–	0.56	37.86*****	Meyer, 1914
(?)*****									

* Не приводим анализов различных продуктов из раков, их панцирей и т. п.; см. у König (1903); Famsteiner, Lendrich, Buttenberg, Kickton, Klassert (1904–1904); Kapeller, Theopold (1909).
** Cl – 3.46%.
*** Mg – 0.57%.
**** Анализ на живое вещество.
***** Место сбора – пролив Каттегат.
***** NaCl – 5.18%.

Обычно же в панцирях Decapoda 40–35% золы. Так, Chevreur (1820), например, нашел в *Carcinus moenas* (панцире) золы свыше 70%. Содержание фосфора в теле Decapoda стоит в непосредственной зависимости от содержания его в панцире, веса последнего и содержания в нем золы. В целом Decapoda содержит около 2–3% P₂O₅ в сухом веществе на целый организм.

Параллельных и одновременных анализов внутренних органов Decapoda и панциря в литературе не имеется. Отдельные определения P во внутренних органах и мышечной ткани Decapoda можно найти у Schütze (1832) и Buttenberg (1908). Точно так же относительно высоко содержание S. Например, по Silberstein (1934), было найдено S (в % в сухом веществе):

<i>Cancer pagurus</i>	
без панциря	1.0864
панцирь	0.1524
<i>Polinurus</i>	
без панциря	1.0946
панцирь	0.1126
<i>Crangon vulgaris</i>	
без панциря	1.0309
панцирь	0.2252

Masters, McCance (1939) среди многочисленных анализов пищевых продуктов приводят данные о содержании S и N; в *Penaeus* (?) – 0.335% на свежее вещество и в *Crangon vulgaris* (?) – 0.339% S, причем отношение N/S колебалось между 11–6.5, тогда как в наземных растениях и других пищевых веществах и в морских рыбах отношение N/S было близко к 15. Это указывает на высокое содержание S. Авторы думают, что частично S могла быть из сульфатов. Некоторые другие определения см. у Schulze (*Homarus vulgaris*). См. также анализ Irvine, Woodhead (1887); Engel, Gerard (1935).

Данные о содержании Mg, Si, Al, Cl в тканях и органах Decapoda случайны. Наиболее полными анализами раков являлись долгое время анализы Bezdold (1857) для *Potamobius fluviatilis*. Wolff, Rangier, Bourquard (1936) нашли 0.0287% Mg в мышцах *Potamobius fluviatilis* и 0.026% – в других образцах. В настоящее время анализы из Биогеохимической лаборатории, произведенные Е. Кубовец для *Potamobius fluviatilis* ♀♀ и ♂♂, являются наиболее совершенными (табл. 242). Различия в химическом составе для разных полов Decapoda, намечающиеся и в приведенных анализах, обращали на себя внимание еще раньше. Например, Matsui (1916b) указывал на различие состава крови ♀♀ и ♂♂ *Paralithodes* и других. Выше мы приводили аналогичные примеры различия в химическом составе у разных полов (см. Mollusca). Наконец, нами отмечается это же явление для Insecta. В этом последнем случае оно имеет, вероятно, еще более общий характер.

Таблица 242
Химический элементарный состав *Potamobius fluviatilis*
(в % живого вещества)

Компонент	♀♀	♂♂	Компонент	♀♀	♂♂
Вода	71.12	79.66	Na	0.29	0.164
Органическое вещество	19.41	13.96	P	0.33	0.19
Зола	9.41	6.37	Cl	0.34	0.32
Ca	4.22	3.06	Al	0:20	0.033
N	2.23	1.39	Si	0.0096	0.0057
Mg	0.151	0.074	Mn	0.0083	0.0060
S	0.11	0.091	Fe	0.0039	0.0034
K	0.38	0.231	Cu	0.015	0.00102

По химическому составу хитинового покрова Decapoda, пропитывающегося по мере роста организма фосфатами и карбонатами, имеется более богатый и более систематизированный материал. Сравнивая между собой данные по составу панцирей, мы можем найти более определенные характерные отличия в составе отдельных видов Decapoda. Еще Chevreul (1821), сравнивая свои анализы панцирей *Homarus* и *Cancer pagurus* с составом костей рыб, убедился, что в сухом остатке последних фосфаты преобладают (составляя более 70%) $Ca_3P_2O_8$, тогда как в панцирях раков было только 6% $Ca_3P_2O_8$ в сухом веществе. С. Schmidt (1845) и другие, сопоставляя анализы панцирей раков, произведенные Göbel (1823) и Chevreul (1821), указывали на зависимость содержания фосфатов в панцире от содержания в панцире органического вещества. Чем больше в панцире органического вещества хитина, тем больше и фосфатов. Содержание органического вещества и фосфатов в панцирях разных видов Decapoda и других Crustacea является типичным. Возможно еще, что фосфор (фосфаты) в панцирях находится у разных Crustacea в различных соединениях (ср. его содержание у Entomostraca и Decapoda). Много органического вещества и фосфатов содержится в панцирях некоторых (может быть, всех?) Stomatopoda (см. дальше – гл. Stomatopoda). Размах содержания фосфатов в панцирях разных Decapoda невелик и в среднем колеблется около 0.5–1.0% P в сухом веществе, или около 2% в золе.

В пределах вида, по данным различных авторов, содержание фосфата и Са в панцирях, отдельных индивидуумах, колеблется. В большинстве случаев авторы не учитывали возможных возрастных и сезонных колебаний в составе панцирей.

Weiske (1877) произвел анализы покровов *Astacus (Potamobius) fluviatilis*¹¹ в разные моменты времени образования у них нового панциря и показал постепенные изменения состава панциря (табл. 243). По окончании линьки и образования нового панциря содержание Са и других химических элементов в нем становится более или менее постоянным. Что это так, показывают наблюдения Köller (1930), который изучал зависимость окраски *Crangon vulgaris* от содержания Са в теле и панцире рака. Он нашел отношение веса покровов рака к содержанию в них СаСО₃ постоянным у различных по длине и другим возрастным признакам раков. Так, при длине раков 2.7 см это отношение равно 1.21, а при длине 5.4 см равно 1.41 и т. д. Steiger (см. Clarke, Wheeler, 1922) нашел правильные изменения в содержании Са, Mg и фосфатов в различных частях скелета Crustacea в зависимости от их величины (resp. возраста). С увеличением возраста в клешнях и панцире больших экземпляров раков увеличивается содержание фосфатов при одновременном уменьшении карбонатов (табл. 244).

Содержание карбоната Mg остается почти без изменений. Скелет клешни вообще богаче фосфатами и магнием¹², чем панцирь (см. о лучах и других периферических органах у Echinodermata). Мы привыкли считать, что в панцирях раков находится СаСО₃ и Са₃Р₂О₈. Анализы же показывают в целом довольно высокое содержание в панцирях (их золе) Mg – иногда до 16% MgСО₃ в золе, или более 3% MgO в сухом веществе панциря. Следовательно, в состав панциря входят СаСО₃, Са₃Р₂О₈, MgСО₃ (или Mg₃Р₂О₈?), хитин и другие соли. Содержание СаSO₄ спорно.

Таблица 243
Химический элементарный состав панцирей Decapoda
(в % зольного остатка)

Вид	СаСО ₃	MgСО ₃	Са ₃ Р ₂ О ₈	Al ₂ О ₃ + Fe ₂ О ₃	СаSO ₄	Место сбора	Автор
<i>Potamobius fluviatilis</i> (пресноводная)	83.3	–	16.7	–	–	–	Merat-Guillot, 1797
<i>Homarus vulgaris</i>	74.0	–	26.0	–	–	–	Тот же
	91.62	(2.34)*	5.99	–	–	–	Chevreur, 1821
	87.94	–	12.06	–	–	–	Schmidt, 1845
<i>H. americanus</i>	79.50	8.02	10.91	0.34	1.23	Виньярд-Саунд, Масс., США	Clarke, Wheeler, 1922
	–	–	11.44	–	–	–	Hudleston, 1875

¹¹ В молодом новом панцире имелись следы Са и Р, затем в более взрослом накапливались соли Са и Р. Литература по *Potamobius fluviatilis*: Hatchett (1799), Dulk (1835), Frémy (1855), Bezold (1857), Weiske (1877), Kelly (1900), Bütschli (1908), Phillips (1922), Jones (1934), Hermann и др.

¹² Интересно по этому поводу заметить, что в зубах млекопитающих, человека (эмали), бивнях слона повышено содержание Mg и Р сравнительно с их содержанием в костях.

Таблица 243 (окончание)

Вид	CaCO ₃	MgCO ₃	Ca ₃ P ₂ O ₈	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	CaSO ₄	Место сбора	Автор
<i>Carcinus moenas</i>	89.65	—	10.11	—	—	—	Chevreur, 1821
<i>Pagurus rathbuni</i>	78.03	5.80	13.55	0.27	2.07	Берингово море	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Polinurus vulgaris</i> (?)	49.0**	—	6.7**	—	—	—	Frémy, 1855
<i>P. argus</i>	76.87	12.58	8.68	0.25	1.31	Острова Вест-Индии	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Crango dalli</i>	54.83	10.05	27.44	0.95	3.79	Аляска	Те же
<i>Pandalus platyceros</i>	60.94	8.09	26.94	0.70	2.46	Залив Монтерей, Калиф., США	«
<i>Lithodes maja</i>	73.07	8.35	16.03	0.31	2.24	Северное атлантическое побережье, США	«
<i>Paralithodes camtschatica</i> **	11.54****	—	4.42***	—	1.39***	—	Matsui, 1916b
<i>Grapsus grapsus taniucrustatus</i>	72.77	6.18	12.19	8.86	Следы	О-в Алдобра, Индийский океан	Clarke, Wheeler, 1922
<i>Libinia emarginata</i>	76.44	8.65	8.73	1.14	1.22	Виньядр-Саунд, Масс., США	Те же
<i>Eriphia sebana</i>	78.58	3.65	10.75	7.02	Следы	—	«
<i>Munida iris</i>	82.64	8.71	6.57	0.27	1.29	Чезапикский залив	«
<i>Cancer pagurus</i> ****	82.32	7.79	9.98	—	—	—	Geng, 1925

* Mg₃(PO₄)₂.

** На сухое вещество. Зола в % на сухое вещество – 25.11%.

*** CaO, P₂O₅, SO₃.

**** Расчет из данных MgO, CaO и P₂O₅. Зола в % на сухое вещество – 74.47%.

У Clarke, Wheeler (1922) два вида *Eriphia* и *Crapsus* содержали до 4.8% окислов Fe и Al. Тут не исключено возможное загрязнение (вследствие обрастания?). Не следует, однако, упускать из вида данные Goppermann (1918), нашедшего высокое содержание Al в хитине *Astaeus (Potamobius) fluviatilis* и в конкрециях рака (до 10% Al₂O₃ в золе)¹³. Других данных об Al в Decapoda неизвестно. Кстати сказать, конкреции, находимые в раках, так называемые гастролиты, всегда содержат фосфаты – до 18.0%.

¹³ До 65.67% в золе хитина. Meunier (1936) находил Al в мышцах рака: $n \cdot 10^{-3}$ в сухом веществе.

Таблица 244
Химический элементарный состав панциря и клешней раков
(в % зольного остатка) из Бутбей-Харбор, Мэн, США; по Steiger
(см. Clarke, Wheeler, 1922)

Вид	Комментарий	CaCO ₃	MgCO ₃	Ca ₃ P ₂ O ₈	CaSO ₄	SiO ₂ (Al, Fe) ₂ O ₃
<i>Homarus</i> , малый	Панцирь	78.98	7.74	11.70	1.23	0.35
	Клешни	72.41	10.81	15.21	1.24	0.33
средний	Панцирь	70.58	8.12	19.06	1.58	0.66
	Клешни	55.46	11.28	30.78	2.12	0.36
большой	Панцирь	65.14	8.77	23.20	2.32	0.57
	Клешни	56.89	10.99	29.49	2.32	0.31

Kelly (1900), Biedermann (1902), Bütschli (1908) и другие, исследовавшие состояние CaCO₃ в хитине панцирей разных раков, приходили к одному выводу, что CaCO₃ в кутикуле Decapoda находится в аморфном состоянии. Но те же исследователи указывали и на случаи обнаружения в панцире некоторых Decapoda кристаллов CaCO₃, по мнению Kelly (1900), – кальцита. Biedermann (1902) и Bütschli (1908) также показали, что всевозможная обработка панциря раков – промывание водой, сушка и т. п. – приводит к образованию в панцирях кристаллов CaCO₃ – кальцита из аморфного CaCO₃, собирающихся в агрегаты и образующих мозаику скелета. Поэтому случаи нахождения кристаллов CaCO₃ в панцирях Decapoda и других раков могут быть обязаны искусственному образованию. Однако если принять соответствующие меры, брать свежие, ничем не обработанные панцири, можно в панцирях известных раков найти не аморфный, а кристаллический CaCO₃, в виде кальцита. Vöggild (1930) находил кальцит вместе с фосфатами в панцире *Homarus vulgaris* (и в туронских ископаемых *Harpactocarcinus quadrilobatus* и *Callianassa* sp.). По его мнению, состав панцирей Crustacea очень разнообразен¹⁴. Одни лишь фосфаты он нашел у *Astacus (Potamobius) fluviatilis*¹⁵ (и ископаемой *Xanthopsis leachii*). Особенно много внимания посвятил систематике этого вопроса Dudich (1929) в своих исследованиях. Он считает, что ахаликоз¹⁶ главным образом распространен у примитивных порядков Entomostraca, равно как и у более примитивных форм высших раков; аморфохаликоз – у высших форм Entomostraca и Malacostraca; кристаллохаликоз распространен главным образом у высших, специализированных форм Entomostraca и высокоорганизованных Malacostraca. Интересно, что вторичный ахаликоз у высших раков связан либо с паразитарной, либо с планктонной жизнью. Помимо кристаллов кальцита, в панцирях у Decapoda и других Crustacea (см. табл. 243) находили еще и кристаллы фатерита. Verhoeff в грудной камере *Astacus (Potamobius) fluviatilis* нашел резерв

¹⁴ Так как он указывает чисто кальцитовые панцири раков из сенона – *Callinassa faujasi*, *Dromiopsis rugosa* и *D. laevior*, из эоцена – *Colloma bicor* и *Lobocascinus*.

¹⁵ Что вряд ли соответствует действительности (см. табл. 243).

¹⁶ Ахаликоз – отсутствие отложений CaCO₃ в панцире, аморфохаликоз – присутствие аморфного CaCO₃ и кристаллохаликоз – присутствие кристаллов CaCO₃ в виде кальцита, фатерита или других разновидностей.

CaCO₃ в виде фатерита. Фосфаты, по-видимому, представлены аморфными солями Ca (и Mg). Рентгенограмма панциря *Hyas*, полученная Б.К. Бруновским в нашей с ним совместной работе, не дала указаний на присутствие кристаллических солей фосфатов Ca типа апатита или каких-либо других.

9. Химический состав Stomatopoda

Из прежних неполных анализов панцирей *Squilla mantis*, произведенных Schmidt (1845) (табл. 245), стало известно о более высоком содержании в них органического вещества и фосфатов сравнительно с содержанием у других раков (например, у большинства Decapoda). Соответственно повышенному содержанию фосфатов в панцире Stomatopoda уменьшается содержание CaCO₃.

Таким образом, Stomatopoda, по-видимому, по содержанию фосфатов выделяются среди других Malacostraca. Отношение CaCO₃/Ca₃P₂O₈ у Decapoda в среднем равно около 3.0, тогда как у видов Stomatopoda, судя по данным для двух видов, оно равно 0.5–1.0. В *Squilla* и *Chloridella* содержание Ca₃P₂O₈ достигает 50% общего минерального остатка. Представляет большой интерес продолжение в этом направлении наблюдений над составом панцирей Stomatopoda. CaCO₃ в панцирях Stomatopoda находился иногда в аморфном, иногда в кристаллическом состоянии.

10. Химический состав Amphipoda

По своему химическому составу Amphipoda, поскольку он сейчас известен, стоит ближе всего к большинству Decapoda. Интересно сравнить химический состав некоторых мельчайших Amphipoda, например, с подобными же Copepoda и другими Entomostraca. В Amphipoda высокому содержанию P сопутствует высокое содержание Ca, напоминая состав Decapoda. У Copepoda Ca мало, и мало MgCO₃ в экзоскелете Amphipoda. Неоднократно отмечалась приуроченность пресноводных Amphipoda (анализы которых мы также даем в табл. 246) к водоемам со значительным содержанием CaCO₃. Schmidt (1924), Schumann (1927), а также Wandsch (1919), Zwölfer указывают на чувствительность Amphipoda к определенным концентрациям CaCO₃¹⁷.

Таблица 245
Химический элементарный состав панцирей Stomatopoda, Amphipoda
(в % зольного остатка)

Вид	CaCO ₃	MgCO ₃	Ca ₃ P ₂ O ₈	CaSO ₄	SiO ₂	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	Зола, в % сухого вещества	Место сбора	Автор
Stomatopoda									
<i>Squilla mantis</i>	52.08	—	47.52	—	—	—	37.17	—	Schmidt, 1845
<i>Chloridella empusa</i>	28.56	15.99	49.56	5.33	0.06	0.50	27.65	Флорида, США	Clarke, Wheeler, 1922
Amphipoda									
<i>Tryphosa pinguis</i>	74.64	4.84	18.02	0.71	1.12	0.67	—	Вудс-Хол, США	Те же

¹⁷ *Gammarus pulex* отсутствует в водах, бедных CaCO₃, и в воде со значительным содержанием CaCO₃, они обычно больших размеров.

Таблица 246
Химический элементарный состав Amphipoda, Mysidaceae, Isopoda
(в % сухого вещества)

Вид	Число анализов	Зола, в % сухого вещества	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃ (Al ₂ O ₃)	SiO ₂	Место сбора	Автор
Amphipoda									
<i>Gammarus locusta</i>		21.69	13.77	–	1.94	0.39	–	–	Delff, 1912
		23.68	15.64	–	2.45	0.45	–	–	Meyer, 1914
<i>Hyaella knickerbockeri</i> (пресноводная)		28.60	14.82	0.35	2.73	0.75	0.14	–	Birge, Juday, 1922
<i>Gammarus pulex</i> (пресноводная)	2	19.05	12.09	0.37	–	–	–	–	Schumann, 1927
<i>Gammarus pulex</i>		–	10.60	–	–	–	–	–	Wundsch, 1919
<i>Carinogammarus roselii</i>	4	20.12	11.08	0.48	–	–	–	–	Schumann, 1927
Mysidaceae									
<i>Mysis flexuosa</i>		13.55	5.73	–	2.08	0.5	–	–	Delff, 1912
Isopoda									
<i>Glyptonotus entomon</i>		27.87	13.77	–	1.84	0.86	–	–	Тот же
<i>Asellus aquaticus</i> (наземные)		41.86	–	–	2.23	1.15	3.87	Киль	Meyer, 1914
<i>Ouisca murarius</i> (наземные)		39.08	18.05	–	2.89	0.54	2.70	Бремен	Тот же

Известная часть Ca и P (по крайней мере, в некоторых видах), по-видимому, находится у них в панцире. Что касается Gammaridae (например, *Gammarus pulex*), то CaCO₃ давно был указан в их панцире; Leydig находил CaCO₃ у *Gammarus* (кристаллический?); в них же Schneider (1888), Kelly (1900), Bütschli (1908) находили CaCO₃.

С полной убедительностью это показал Schumann (1927) (в %):

	Зола	CaO
в 33 особях <i>Carinogammarus</i>	0.0134	10.8
в панцирях	0.0256	88.9
в 22 особях <i>Gammarus pulex</i>	0.0117	12.8
в панцирях	0.0271	85.67

В хитине *Phronima sedentaria* указал CaCO₃ Pagenstecher (1861); в *Caprella* – Ноек и т. д. Вопрос о состоянии CaCO₃ в кутикуле Amphipoda решался большинством авторов в пользу аморфного состояния его, легко переходящего в кристаллическое. W. Schmidt (1924) находил в свежих необработанных панцирях *Gammarus pulex* сфериты CaCO₃. На присутствие кальцита в панцире Gammaridae указывает Walsky. Schumann (1927), посвятивший вопросу о Ca в *Gammarus* специальные исследования, не решается высказаться в пользу кристаллического состояния CaCO₃.

в их кутикуле. Он замечает, что с возрастом в старых экземплярах *Gammarus*, в их панцирях собирается значительное количество CaCO_3 . CaCO_3 , таким образом, нормально присутствует в панцирях Amphipoda. CaCO_3 панцирей извлекается *Gammarus* и другими Amphipoda из воды (а не из запасов тела или пищи). Dudich (1929) считает мозаику кутикулы *Gammarus* типичной для многих Amphipoda. Ни один из исследователей не указывает на нахождение в панцирях Amphipoda, помимо CaCO_3 , фосфатов. Можно предположить, что фосфатов в их панцирях меньше, чем у других Malacostraca. Единственный анализ панциря Amphipoda, а именно *Tryphosa*, показывает содержание фосфатов в обычных для Decapoda количествах.

11. Химический состав Mysidaceae

Имеется лишь два неполных анализа этих раков. Оба показывают невысокое содержание золы и сравнительно малое содержание Ca, что, вероятно, связано с планктонным существованием. Из анализа Salkover [см. Clarke, Wheeler (1922)] маленького планктонного рачка *Thysanaessa inermis* также следует, что Schizopoda относительно бедны Ca (и соответственно богаче P). Salkover нашел (в сухом веществе) 92.08% потери от прокаливания, 7.68% $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$ и 0.22% нерастворимого остатка. Отолиты Mysidae, состоящие из органической основы, содержат, по-видимому, CaF_2 [см. у Hertwig (1909)]. Эти наблюдения не были проверены¹⁸.

12. Химический состав Isopoda

Мы обращали внимание на различие состава родов *Asellus* и *Oniscus* (пресноводные). Из морских форм известен нам лишь один анализ *Glyptonotus eutomon*. Состав ее отличается от состава первых двух. Панцирь (кутикула) содержит CaCO_3 . В панцирях Isopoda (кутикуле) CaCO_3 находится в аморфном состоянии, как это показывал Schmidt (1924), например, в *Asellus*. В *Hyloniscus riparius* Dudich (1929) в торакс-камере нашел CaCO_3 (резерв) в виде фатерита. Verhoeff отмечал нахождение фатерита у других Isopoda.

13. Панцирь и метаболизм Ca у Crustacea

Как известно, у некоторых Crustacea в панцире и других частях скелета CaCO_3 находится в аморфном состоянии, у других – в кристаллическом, в виде $\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, или кальцита. В аморфном состоянии его находили у многих Entomostraca, Nebeliidae, Macrura, Stomatopoda и других, например: у *Squilla mantis*, *Nebalia geoffroyi*, *Asellus*, *Homarus*. У некоторых видов часть CaCO_3 в панцире находится в виде аморфного CaCO_3 . Другая – кристаллическая, как, например, у *Pachygrapsus marmoratus* и *Galathea strigosa*. Peréz, помимо кальцита, наблюдал здесь $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Наконец, у многих Brachyura, Anomura, Ostracoda и Cirripedia CaCO_3 находится в кристаллической форме, чаще в виде кальцита.

Prenant (1928b) пытался выяснить, с чем связано нахождение той или иной формы CaCO_3 в панцире раков. Он считал, что более примитивный случай, когда CaCO_3 находится в аморфной форме. Этот CaCO_3 скелета раков под влиянием обработки (при исследованиях) часто переходит в кристаллический. У Isopoda и Amphipoda происходит вторичная кристаллизация и в их панцире видны крупные сферолиты

¹⁸ Обычно отолиты у животных состоят из CaCO_3 (арагонита). Помимо указания на отолиты, состоящие из CaF_2 (Mysidae), известны случаи содержания $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (даллит), напоминающего строение кости, например, *Amblystoma tigrinum*.

CaCO_3 . У Brachyura и Anomura обычно весь Ca находится в форме мелких кристаллов. Prenant (1928b) считает, что в кристаллической форме CaCO_3 находится в панцире тех раков, у которых отношение $\text{P}_2\text{O}_5/\text{CO}_2$ в солях панциря имеет значение ниже 0.105. При более высоком отношении $\text{P}_2\text{O}_5/\text{CO}_2$ CaCO_3 находится в аморфном состоянии. Таким образом, $\text{P}_2\text{O}_5/\text{CO}_2$ или количество фосфата в скелете Crustacea определяет характер состояния CaCO_3 . У Crustacea с большим содержанием фосфатов в скелете CaCO_3 находится в аморфном состоянии. У Crustacea с преобладающим содержанием CaCO_3 последний всегда в виде кристаллов кальцита. Prenant (1928b) произвел значительное число определений в скелетах Crustacea P_2O_5 , CaO, MgO (и CO_2)¹⁹. Приводим некоторые из них в таблице 247.

Таблица 247
Состав скелетов (панцирей) раков (в % сухого вещества)

Вид	% минерального вещества	CO_2	P_2O_5	CaO	MgO	$\frac{\text{P}_2\text{O}_5}{\text{CO}_2}$	CaCO_3
<i>Crangon vulgaris</i>	67.92	14.20	3.98	20.11	0.18	0.261	Аморфный
<i>Homarus vulgaris</i>	82.71	25.50	5.40	31.79	1.46	0.170	–
<i>Homola spinifrons</i>	78.17	23.45	3.58	32.57	2.28	0.153	–
<i>Potamobius fluviatilis</i>	76.65	24.00	2.91	32.72	0.04	0.128	–
<i>Carcinus moenas</i>	77.04	23.64	2.04	29.64	1.13	0.104	–
<i>Maja squinata</i>	84.15	25.19	2.42	31.20	1.47	0.096	Кристаллический
<i>Telphusa fluviatilis</i>	84.67	30.59	1.74	37.88	0.19	0.057	–
<i>Portunus puber</i>	75.01	27.97	1.56	35.72	1.71	0.055	–
<i>Cancer pagurus</i>	74.56	27.83	0.88	36.37	1.35	0.032	–
<i>C. pagurus</i> (старый)	73.08	23.68	0.49	30.05	1.57	0.021	–
<i>Xantho floridus</i>	76.09	30.33	0.36	37.57	0.96	0.012	–
<i>Ligia oceanica</i>	31.07	9.29	1.07	–	–	0.116	–
<i>Lepas antifer</i>	98.73	42.21	0.24	53.52	1.11	0.006	–

¹⁹ К сожалению, большинство определений носит относительный характер, поэтому они не могут быть пересчитаны на абсолютное содержание (в процентах). См. Lafon's (1941) "Composition of the shells of Crustacea".

Таблица 248
Содержание Са (и Mg) у раков во время линьки

	Вид	День до линьки	День после линьки	Дни после линьки					
				7	8	10	30	60	200
Са-Мg-фосфаты, в % зола	<i>Cancer pagurus</i>	17.80	23.1	–	3.35	1.9	–	0.02	2.33
	<i>Lithodes maja</i>	–	3.1	–	–	–	–	–	1.20
	<i>Homarus vulgaris</i>	0.87	0.57	0.70	–	–	1.3	–	–
Зола, в % сухого вещества	<i>Cancer pagurus</i>	21.1	24.8	–	12.08	16.2	–	8.4	4.20
	<i>Lithodes maja</i>	–	6.1	–	–	–	–	–	8.09
	<i>Homarus vulgaris</i>	5.02	4.64	4.25	–	–	10.16	–	–

Известковому обмену у раков, особенно во время их линьки, посвящен ряд новых работ. Necht (1914) показал, что в «мягких» *Callinectes sapidus* (без панциря) всегда меньше Са, чем в «твердых», с панцирем:

Вес образца	Са (%)	Состояния панциря
37.00	0.19	Мягкий
70.00	0.31	«
34.54	5.34	Твердый
70.90	5.17	«

Это указывает на то, что в теле *Callinectes* нет достаточных запасов Са и он, очевидно, поступает во время линьки непосредственно из воды. Numanoi (1934b, 1937) в ряде статей дал распределение Са в теле *Ligia exotica* и его органах во время линьки. В органах и тканях нелиняющего рака находилось в мускулах от 0.17 до 0.23% Са; в hepatopancreas – от 0.06 до 0.14%; в желудочно-кишечном тракте – от 0.02 до 0.43%. То же количество Са находилось в hepatopancreas и во время линьки рака. Иными словами, не hepatopancreas являлась источником Са для нового панциря.

Са у рака распределяется следующим образом: 8% в панцире; в так называемом “Chalky whiteness” (известковые тельца) – 37%; известковые отложения (резерв СаСО₃) содержали до 55–65% и в сброшенном панцире (exuvia) – до 36–41% всего СаСО₃. Во время линьки раков Numanoi (1934b, 1937) различает 3 фазы передвижения Са в теле рака. В первой фазе Са переходит из заднего отдела панциря (где он находится в форме “Chalky whiteness”) в передний грудной сегмент. Затем содержание Са повышается в крови от 0.1 мг до 0.17 мг в 1 см³, особенно ионизированной формы Са, и, наконец, в третьей фазе количество ионизированного Са в крови понижается до нормы. Са в панцире и в “Chalky whiteness”, и в резерве находится в виде СаСО₃, а именно кальцита. Количество фосфата кальция в нем незначительно. Neto (1943) нашел от 18.1 до 24.1% Са в панцире *Uca maracoani*, в среднем – 21.3%. Что касается содержания Са в панцире, то оно закономерно меняется с возрастом. Так, при весе панциря 0.067 г – 37% Са в сухом веществе; при 0.3 г – 21% Са, а при весе панциря в 1.422 г – 18% Са.

Далее Paul, Sharpe (1915) (см. табл. 248) наблюдали за процессом отложения Са в панцире у ряда других раков: *Cancer pagurus*, *Lithodes maja* и *Homarus vulgaris*.

В крови *Cancer pagurus* содержание Са (растворимого) колебалось от 0.14 до 0.28 и практически оставалось постоянным, но к моменту линьки увеличивался объем крови раков. Содержание Са- и Mg-фосфатов и СаСО₃ в известковых железах раков (резерв СаСО₃) во время линьки резко уменьшалось (до 20% первоначального содержания СаСО₃).

Причем выяснилось, что *Homarus* не имел запасов Са в железе, а *Lithodes* и *Cancer* имели резерв Са. Эти исследователи считают, что Са в крови находится в виде Са-солей жирных кислот. Ряд наблюдений в том же направлении был сделан над другими Decapoda Drach (1937), Robertson (1939) и др. Из приведенных примеров видно, что источники Са для нового панциря у различных раков довольно разнообразны. При этом у одних раков Са мобилизуется из имеющихся резервов, у других – поступает из воды моря. У одних раков к моменту отвердения панциря в крови увеличивается содержание ионизированного Са, у других увеличивается объем крови.

14. Содержание тяжелых металлов в Crustacea

В тканях Crustacea концентрация металлов Fe, Mn, Zn, Cu и других не достигает обычно тех пределов, с какими мы встречались для тканей, например, у Mollusca. Этот общий вывод не может быть все же окончательным, а является лишь наиболее вероятным. Данных о нахождении этих металлов в Crustacea немного, а новые исследования могут неожиданно открыть иную картину их распределения. Так, например, о распределении Fe и Mn в тканях Crustacea известно в пределах десятка видов, но сведения эти разрознены, не систематичны. Более или менее полных анализов Crustacea, их органов и тканей, которые бы показывали содержание ряда микроэлементов, нет. В связи с нахождением Cu в крови Malacostraca для Cu имеется значительно больше определений.

Марганец. John (1814) указывал на присутствие Mn в золе панциря *Potamobius fluviatilis*, затем он был найден в крови того же рака в небольших количествах Witting (1858). Ряд других качественных указаний на присутствие Mn в раках имеется у Richard (1898); Fox, Ramage (1931); Newell, McCollum (1931).

Количественные определения показывают невысокое его содержание в Crustacea (табл. 249, 250).

В печени, например, *Palinurus* и *Limulus* находили лишь следы Mn, меньше, чем в крови, т. е. обратно тому, что нам известно о распределении Mn, например, у многочисленных Mollusca. Для Mn и Zn единичные новые определения имеются у McHargue (1924), который находил значительные количества марганца²⁰. Соопер (1934) в наутилиусе *Balanus balanoides* – $3 \cdot 10^{-5}\%$ Mn на сухое вещество. Как будто бы пресноводные раки²¹ (*Potamobius fluviatilis*) содержат несколько больше Mn, чем морские. Среднее содержание Mn в Crustacea – около $n \cdot 10^{-3}\%$ Mn на живое вещество.

Железо. О нахождении Fe в Crustacea было известно в XVIII в. (см. Geoffroy). В приведенных выше данных о составе Crustacea мы дали и некоторые числа для Fe (см. табл. 249, 251). Schneider (1888) и Macallum (1895) путем качественных проб убедились в распространении Fe во всех тканях и клетках Crustacea.

²⁰ 0.1% в золе желез перед линькой и 0.362% после.

²¹ Исключительный случай концентрации, по нашим наблюдениям, представляет *Arus*, у которого даже в хитине панциря нами было найдено очень много Mn.

В крови Crustacea Fe было определено Griffiths (1890–1891), Matsui (1916b), Griesbach (1891) и др. По Dastré, Florescu (1898), Fe концентрируется у Crustacea, как и у Mollusca, в печени.

Приводим данные Соопер (1939) для личинок *Balanus balanoides*, Crangonidae и Portunidae (P и Fe), в % сухого вещества:

	P	Fe
<i>Balanus balanoides</i>	1.7	0.12
Portunidae	1.14	0.077
Portunidae + Crangonidae	1.16	0.035

Таблица 249
Содержание Fe, Cu, Zn и Mn в Crustacea (в % сухого вещества)

Вид	Комментарий	Fe	Cu	Zn	Mg	Авторы
<i>Paralithodes camtschatica</i>	Мышцы (мероподит)	0.0023	0.0039	–	–	Kawaguchi и др., 1936
	Мышцы (пропоподит)	0.0024	0.0041	–	–	Тот же
	Мышцы (проподит)	0.0028	0.0040	–	–	«
<i>Idothea</i> sp.		–	–	0.0632	–	Yamamura, 1935b
<i>Gammarus</i> sp.		–	–	0.0777	–	Тот же
<i>Eupagurus bernhardus</i> *	Мышцы	0.1	0.2	–	0.02	Webb, 1939
<i>Lithades maja</i>	Железа	–	0.1–0.362	–	–	Paul, Sharpe, 1915
<i>Cambarus affinis</i>		0.0896	0.0075	0.032	0.025	McHargue, 1924
<i>Penaeus brasiliensis</i>		0.00218	0.00033	–	–	Nilson, Coulson, 1939
<i>Callinectes sapidus</i>		0.00226	0.00158	–	–	Те же
<i>Homarus americanus</i>		0.0054	0.0085	0.0160	0.0012	McHargue, 1924
<i>Callinectes sapidus</i>		0.0134	0.0068	0.1216	0.0016	Тот же
	Мышцы	–	0.0006	–	–	Fellers, Harris, 1940
	Кровь	–	0.0060	–	–	Те же

* В % катионов золы.

Таблица 250
Содержание Mn в Crustacea и в Xiphosura (в %)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Авторы
<i>Homarus americanus</i>		0.0	–	Skinner, Peterson, 1930
<i>Penaeus</i> sp.		0.0	–	Lindow, Peterson, 1927
<i>Potamobius fluviatilis</i> (2)	Пресноводная	0.01	–	Bertrand, 1913
	♂♂	0.006	–	Кубовец, 1931*

Таблица 250 (окончание)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Авторы
	♀♀	0.0083	–	Та же
<i>Crangon vulgaris</i>	40 шт.	0.0015	–	Bertrand, 1913
<i>Lepas anatifera</i>		0.0018	–	Тот же
<i>Oniscus murarius</i>	Пресноводная	0.007	–	«
<i>Palinurus</i> sp.	Кровь	–	0.0054	Phillips, 1917
	Печень	–	0.00006	Тот же
	Печень	–	Следы	«
<i>Limulus polyphemus</i>	Внутренние органы	–	0.00038	«
	Кровь	–	0.0031	«
<i>Calanus finmarchicus</i> (2)		–	<0.0001	Виноградов, 1933
Мелкая креветка		–	0.004	Boycott, Cameron, 1930
Креветка		–	0	Тот же
<i>Jasus</i> sp.		–	0.025	McHarque, 1924

* Из неопубликованных данных Биогеохимической лаборатории АН СССР.

Таблица 251
Содержание Fe в Crustacea и Xiphosura (в %)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Авторы
<i>Homarus vulgaris</i>		0.00044	–	Peterson, Elvehjem, 1928
	Мышцы	0.003	–	Henriquès, Roche, 1927
	Печень	–	0.012	Dastré, 1898
	Мышцы	–	0.003	Тот же
<i>Palinurus</i> sp.	Кровь	–	0.0875	Phillips, 1917
	Печень	–	0.0285	Тот же
	«	–	0.0280	«
<i>Limulus polyphemus</i>	Внутренние органы	–	0.0270	«
	Кровь	–	0.0285	«
<i>Potamobius fluviatilis</i>	Печень	–	0.002	Dastré, Florescu, 1898
	Внутренние органы	0.0	0.0005	Те же
<i>Paralithodes camtschatica</i>	Мясо	0.008	0.03	Okuda, Matsui, 1916
		0.0017	0.0083	Matsui, 1916b
		0.00267	–	Peterson, Elvehjem, 1928

У Crustacea, имеющих в крови Cu в виде гемоцианина, в мышечной ткани, например, *Homarus* и других Fe содержится не меньше, чем в мышечной ткани Invertebrata, имеющих в крови гемоглобин (resp. эритрокруорин и т. п.). Выше мы указывали, что все Entomostraca содержат в крови пигменты типа гемоглобина, имеющие в своем составе Fe, а все Malacostraca содержат в крови гемоцианин (т. е. кровь содержит Cu). Как правило, в крови Malacostraca и в некоторых других тканях всегда несколько меньше Fe, чем в крови и тканях Entomostraca, например, Daphnidae и т. д. В крови всех низших Crustacea, называемых Brachiopoda, Copepoda, Ostracoda и Cirripedia, которые имеют более примитивную и сокращенную систему циркуляции, обнаружен Fe-содержащий пигмент – эритрокруорин. Он был также установлен во внешней ткани яиц этих Crustacea. Несомненно, он выполняет функцию переносчика кислорода в крови.

Цинк. По данным Phillips (1917), Bodansky (1920), Severy (1923), содержание Zn в телах Crustacea несколько превышает содержание в них меди (табл. 252).

Максимум содержания Zn наблюдается в печени Crustacea, например, у *Limulus* его содержание в печени достигает 0.053% на сухое вещество. В панцире креветки цинка содержалось 0.00208% на живое вещество, тогда как в мясе было 0.00135% на живое вещество. Zn (как и Cu) в Crustacea в среднем меньше, чем у Mollusca. Качественные находки Zn сделаны были Nevell, McCollum (1931) и другими в теле крабов и других Crustacea. Yamamuta (1935) обнаружил 0.0777% Zn в сухом веществе *Gammarus* sp. и 0.0632% Zn в *Idothea*. Остальные данные приведены в таблице 249.

Медь. Вполне естественно, что первым объектом исследований Cu и гемоцианина должна была стать кровь многих Crustacea, *Limulus* и других Arthropoda. Genth (1851) обнаружил Cu в крови *Limulus polyphemus*²²; Witting (1858) один из первых определил ее количество в крови *Potamobius fluviatilis*; Ulex (1865), Krukenberg (1881–1882) нашли Cu в *Crangon vulgaris* и др. Таким образом, качественно Cu была обнаружена в золе многих раков (табл. 253).

Таблица 252
Содержание Zn в Crustacea и Xiphosura (в %)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Авторы
<i>Lepas anatifera</i>		0.0004	0.0393*	Bertrabd, Vladesco, 1923
		0.0027	0.0122	Те же
<i>Palinurus vulgaris</i>		–	Нет	Phillips, 1917
	Кровь	–	0.016	Тот же
	Печень	–	0.0152	«
<i>Limulus polyphemus</i>	Печень и половые органы	–	0.0532	«
	Кровь	–	0.00560	«
<i>Palaemon vulgaris</i>		0.001865	–	Severy, 1923
<i>Callinectes hastatus</i>		0.00443		Тот же
<i>Eupagurus</i> sp.		0.00936		«
<i>Cancer pagurus</i>	Печень	–	0.0162	Delezenne, 1919
<i>Potamobius fluviatilis</i>	Мышцы	–	0.0355	Тот же

²² Genth (1851) указывал на различие состава (содержание Cu и др.) у ♀ и ♂ *Limulus*.

Таблица 252 (окончание)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Авторы
	Мелкая креветка	0.0017	–	Bodansky, 1920
	Краб	0.00205	–	Тот же
<i>Platicarcinus pagurus</i>	Жабры	0.0035	0.0248	Bertrabd, Vladesco, 1923
	Мышцы	0.0067	0.0284	Те же
	Внутренности	0.0017	0.0081	«

* Вместе с раковиной.

После того как был описан и выделен Frédéricq (1878с) гемоцианин из крови Cephalopoda, появились многочисленные попытки определения Cu в крови Crustacea. Кровь Decapoda окрашена в бледно-голубой цвет, на что обращали внимание раньше, например Wharton Jones (1846), поэтому естественно, что исследованию на Cu (и гемоцианин) в первую очередь подверглась именно кровь многих Crustacea, *Limulus* и других Arthropoda. Кровь Crustacea, как мы теперь знаем, содержит значительные количества Cu в виде органического соединения – гемоцианина. В среднем в 100 см³ крови раков (Malacostraca) находится около 0.01% Cu, т. е. примерно того же порядка, что и у большинства Mollusca. Кровь Cephalopoda, как мы уже видели, богаче Cu, чем кровь Crustacea, в 3–4 раза. Кровь *Limulus* содержит Cu меньше других. Особенно же мало Cu (по двум определениям) у *Maja squinata*.

Baxter, Thomas (1935) сделали определение атомного веса Cu, выделенной из крови *Limulus polyphemus*; он не отличался от атомного веса обычной меди²³.

О нахождении Cu в крови Crustacea свидетельствует нахождение в крови гемоцианина (определяется обычно по оптическим свойствам, спектру). Благодаря классическим работам по исследованию свойств и распространению гемоцианина у Crustacea – Dhéré (1903); Redfield (1933); Svedberg (1933); Conant, Chow, Schoenbach (1933); Roche (1936с) и их многочисленных учеников и сотрудников, а также работам многих других авторов можно считать, что гемоцианин находится в крови у всех исследованных высших раков и не был еще ни разу обнаружен у представителей Entomostraca. Для большей точности укажем, что гемоцианин был обнаружен у многочисленных Decapoda, затем у Stomatopoda (например, у Squillidae); его не искали у Schizopoda, Amphipoda, Isopoda, но косвенные указания – отсутствие, например, у Isopoda гемоглобина (Lankester, 1873), окраски крови и т. п. – говорят в пользу вероятного содержания и у них гемоцианина.

²³ Академик В.И. Вернадский еще в 1926 г. поставил вопрос о возможном участии организмов в разделении и накоплении того или иного изотопа. В настоящее время идет работа (Биогеохимическая лаборатория Академии наук СССР) над определением атомного веса Fe из гемоглобина и Mg из хлорофилла. Определения атомного веса Cl из мочи, K из гороха – Хлопиным, Пасвик (1932); из картофеля – Wagner, Heller (1931), также и Loring, Druce (1930); Ca из раковин и кораллов – Smith, Tait (1934); Cu из крови *Limulus* – Baxter, Thomas (1935) – не дали отклонения. По-видимому, H₂ частично концентрируется в тканях организмов. Brewer (1936) нашел увеличение изотопа K⁴¹ в морских водорослях (см. Kamen).

Таблица 253
Содержание Си в крови Crustacea и Xiphosura (в %)

Вид	Комментарий	Зола в крови	В 100 см ³	Авторы
<i>Libinia emarginato</i>		–	0.0087	Redfield, Coolidge, Montgomery, 1928
<i>Ovalipes ocellatos</i>		–	0.0076	Те же
<i>Cancer borealis</i>		–	0.0058	«
<i>Cancer pagurus</i>	4	–	0.0089	Dhéré, 1903
	5	Присутствует	–	Dohrn, 1861
		0.176	–	Griffiths, 1890–1891
<i>Palinurus</i> sp.		0.070*	–	Phillips, 1917
		–	0.009	Burdel, 1922
<i>P. vulgaris</i>	3	–	0.0097	Dhéré, 1900
		0.144	–	Griffiths, 1890–1891
		–	0.02297*	Dubois, 1901
	Мышцы	–	0.02297*	Тот же
<i>Callinectes sapidus</i>		–	0.0040	Redfield, Coolidge, Montgomery, 1928
<i>Limulus polyphemus</i>	♂♂	0.068	–	Genth, 1851
	♀♀	0.2376	–	Тот же
		0.4064	–	Gotch, Laws, 1885
		–	0.01	Conant, Humphry, 1930
		0.085*	–	Phillips, 1917
	3	–	0.0059	Alsberg, Clarke, 1914
		–	0.0108	Redfield, Coolidge, Montgomery, 1928
<i>Carcinus moenas</i>	2	–	0.0098	Dhéré, 1903
		0.152	–	Griffiths, 1890–1891
<i>Maja squinata</i>	2	–	0.0038	Dhéré, 1903
	3	–	0.0038	Burdel, 1922
<i>Potamobius fluviatilis</i>		0.98	–	Dohrn, 1861
	2	–	0.006	Dhéré, 1900
<i>Potamobius fluviatilis</i>		–	0.0093*	Witting, 1858a
		–	0.009	Burdel, 1922
		0.160	–	Griffiths, 1890–1891
		Присутствует	–	Griesbach, 1891
<i>Homarus americanus</i>		–	0.0089	Redfield, Coolidge, Montgomery, 1928
<i>H. vulgaris</i>	2	–	0.010	Dhéré, 1909
		Присутствует	–	Griffiths, 1890–1891

Таблица 253 (окончание)

Вид	Комментарий	Зола в крови	В 100 см ³	Авторы
<i>Paralithodes camtschatica</i>	♂♂	0.1440	0.00632	Matsui, 1916b
<i>Squilla mantis</i>	–	–	0.0061	Burdel, 1922

* На сухое вещество.

Таблица 254
Содержание Си в Crustacea (в %)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Место сбора	Автор
<i>Potamobius fluviatilis</i>	Пресноводная	0.00088	–	–	Lehmann, 1895
	♂♂	0.0010	–	Псковская губ.	Кубовец, 1931
	♀♀	0.0015	–	То же	Та же
		0.0030	0.01176	–	Dubois, 1900
	3	0.0013	–	–	Тот же
	2	0.00057	–	–	Bose, Bodansky, 1920
<i>Palaemon serratus</i>		0.0025	0.010	–	Dubois, 1900
<i>P. vulgaris</i>		0.0013	–	Тихоокеанское побережье	Severy, 1923
<i>Clibanarius barbatus</i>		0.0060	0.01875	–	Dubois, 1900
<i>Homarus americanus</i>		–	0.0167	–	Chapman, Linden, 1926
		–	0.0130	–	Те же
	Печень	0.00251	–	–	Cunningham, 1931
	Яйца	0.0083	–	–	Тот же
	Гонады	0.0021	–	–	«
		0.00073	0.00388	–	Lindow, Elvehjem, Peterson, 1929
<i>Jasus lalandii</i>		0.00001	–	Австралия	Clementa, Hutchinson, 1939
<i>Palinurus</i> sp.	Печень	–	0.105	–	Phillips, 1917
<i>P. vulgaris</i>	Мускулы	0.00447	0.1764	–	Dubois, 1900
<i>Limulus polyphemus</i>	Печень, половые органы	–	0.0170	–	Phillips, 1917
<i>Euragurus</i> sp.	С рынка	0.00020	–	Тихоокеанское побережье	Severy, 1923
<i>Callinectes hastatus</i>	«	0.00021	–	То же	Тот же
		0.00043	0.00144	–	Lindow, Elvehjem, Peterson, 1929
<i>Lepas anatifera</i>		–	0.000008	–	Bertrand, 1943c
<i>Carcinus moenas</i>		–	0.00406	–	Тот же

У Entomostraca качественно находили в золе от сжигания их целиком медь, например, Zanda (1924), Muttkowski (1921a), а у Hyalellae, *Daphniae* и *Calanus finmarchicus* – в очень малых количествах. В крови же у всех Entomostraca находили красный пигмент типа гемоглобина. Kawaguchi с сотрудниками (1936) дает содержание Fe и Cu в разных мускулах *Paralithodes camtschatica*. Clements, Hutchinson (1939) нашли в австралийских *Portunus pelagicus* 0.0001% и в *Penaeus* sp. – 0.00001% Cu, так же как и следы Mn. Robertson (1939) в крови *Homarus vulgaris* определил 0.0038% Cu, а у *Cancer pagurus* – 0.0078% Cu.

Печень Crustacea хотя и содержит Cu, но не в таких больших количествах, как это отмечалось для Mollusca. Известные интересные наблюдения Elmhirst, Paul (1921) о том, что у Decapoda к началу линьки Cu собирается в печени, но как только старый панцирь сброшен, Cu тотчас же поступает в кровь. У различных раков содержание Cu в печени различно. У видов Macruga, по-видимому, Cu больше, чем у других Crustacea (табл. 254), до 5% в золе печени; у Brachyura – следы; у видов *Lithodes* – до 2.5%. Раки во время линьки поедали мшанку (*Membranifera membranacea*), и в ней можно было обнаружить Cu. В яйцах *Maja squinata*, *Palinurus vulgaris* Dhéré, Dubois находили Cu. По Rose, Bodansky (1920), Cu оказалось в панцире креветки 0.0073%, а в мясе – только 0.0024%, что является в известной мере неожиданным. Отсюда следует, что Cu в теле раков весьма подвижна. В целых организмах Crustacea содержание Cu в среднем около 0.001% на живой вес (см. также табл. 249).

Количественные определения Cu в Entomostraca нам неизвестны. Из качественных проб видно, что Cu в них намного меньше, чем у Malacostraca.

15. Другие металлы в Crustacea

Никель и кобальт. Bertrand, Mâcheboeuf (1925a) определили в *Palinurus* (Langoustine) 0.01 мг Ni и 0.2 мг Co в 100 г живого вещества. Обращает внимание большое содержание Co сравнительно с Ni. Обычно в организмах, почве, илах моря Ni превалирует над Co. Выше приводили другие примеры более высокого содержания Co сравнительно с содержанием Ni. Качественные определения см. у Newell, McCollum (1931), Fox, Ramage (1931) и др. Малюга (1939) нашел в *Calanus finmarchicus* $1 \cdot 10^{-40}$ Ni в золе ($1.2 \cdot 10^{-50}$ в сухом веществе, или $1.1 \cdot 10^{-60}$ в живом веществе); в *Eupagurus pubescens* – $6.8 \cdot 10^{-50}$ Ni в золе ($5 \cdot 10^{-60}$ в сухом веществе, или $9.7 \cdot 10^{-70}$ Ni в живом веществе); в *Hyas araneus* – $1.8 \cdot 10^{-40}$ Ni и $1.4 \cdot 10^{-40}$ Co в золе ($1 \cdot 10^{-40}$ Ni и $7.7 \cdot 10^{-50}$ Co в сухом веществе, или $2 \cdot 10^{-50}$ Ni и $1.5 \cdot 10^{-50}$ Co в живом веществе).

Титан. Bertrand, Voronca-Spirit (1930) нашли среди различных Invertebrata максимальное содержание Ti во внутренних органах *Nephrops norvegicus* – 0.001743% на сухое вещество, или 0.0067% Ti в золе; в мускулах хвоста – $6.21 \cdot 10^{-40}$ в золе. *Platicarcinus pagurus* содержал $3.4 \cdot 10^{-40}$ Ti в сухом веществе. Ш. Каминская (1937) находила Ti в различных Crustacea и $9.1 \cdot 10^{-40}$ в планктоне – *Calanus finmarchicus* (в % живого вещества).

Бор. Порядок содержания бора в Crustacea был указан Bertrand, Agulhon (1913), которые для тканей *Palinurus* и *Palaemon* находили 0.00025% B в свежем веществе, или 0.00113% в сухом веществе. Webb (1937) нашел 0.01% B в золе *Eupagurus bernhardus*. Т. Глебович (1941) в нашей лаборатории нашла в *Gammarus locusta* $7.14 \cdot 10^{-30}$ B на сухое вещество ($1.45 \cdot 10^{-30}$ в живом веществе); в *Balanus balanoides* – $1.86 \cdot 10^{-30}$ в сухом веществе и $2.43 \cdot 10^{-40}$ в живом веществе и в планктоне из *Calanus finmarchicus* (Баренцево море) – $7.16 \cdot 10^{-30}$ в сухом веществе, или $9.52 \cdot 10^{-40}$ в живом веществе. Пресноводный рак *Potamobius fluviatilis* содержал примерно те же количества бора – $3.13 \cdot 10^{-30}$ в сухом веществе и $9.03 \cdot 10^{-40}$ бора в живом веществе.

Серебро. Fox, Ramage (1931) спектроскопически обнаружили серебро в крови *Maja* и *Carcinus*. О нахождении Ag в крови других животных см. у Azéma, Pied (1930) для Tunicata. В тканях краба Ag также качественно отмечают Newell, McCollum (1931).

Стронций и барий. Все находки Sr в Crustacea носят качественный характер. В многочисленных спектрограммах зол различных Invertebrata и, в частности, Crustacea, которые у нас были произведены (см. Виноградов и Боровик-Романова), всегда обнаруживались линии Sr; например, в золе *Balanus balanoides* было найдено 0.2% Sr. Линия бария обнаруживается значительно реже, но, вероятно, и он постоянно встречается в Crustacea, может быть, в меньших количествах, чем Sr. Боровик-Романова (1939) обнаружила 0.02% Ba в скелете *Balanus*. Webb (1937) нашел около 1% Sr и 0.005% Ba в золе *Eupagurus bernhardus*.

Свинец. Соответствующие данные имеются у Chapman, Linden (1926), но нам представляется, что они несколько высоки. Так, например, они нашли в *Homarus americanus* от 0.62 до 2.56 мг Pb; в креветке (prawn) – 0.75 мг и в крабе – 1.7 мг на 100 г сухого вещества. По Kringstad (1935), в *Pandalus borealis* было найдено в живом веществе 0.05 мг в 100 г, в *Homarus vulgaris* в мясе – 0.02 мг, в панцире – 0.03 мг и в *Cancer pagurus* в мясе – 0.02 мг, в панцире – до 0.05 мг. В золе *Eupagurus bernhardus* Webb (1937) обнаружил 0.02% Sn и 0.03% Pb. Monnier-Williams (1938) определил 0.0003% Pb в панцире *Homarus americanus* и 0.00003% Pb в крабе *Callinectes sapidus*. Качественные (спектроскопические) наблюдения Pb в золе Crustacea, как и в других Invertebrata, нами отмечались не раз.

Алюминий. Новые определения Al приводят Yamamura (1934) для *Gammarus* sp. Было 0.00735% Al на сухое вещество (0.0273% в золе); в *Idothea* – 0.00157% (0.0051% в золе). Meunier (1936) нашел 0.00132% Al в сухом веществе *Homarus vulgaris* и 0.0018% в *Maja squinado*. Мы определяли этот элемент так же, как и Ti, Cu и Mg, количественно в *Acantho gammarus baicalensis* в 1939 г. Webb (1937) нашел 0.08% Al в золе *Eupagurus bernhardus*.

Молибден, ванадий и хром. При непосредственном спектроскопическом исследовании всей золы Crustacea нельзя было обнаружить ванадий. Newell, McCollum (1931) отмечают (спектроскопические данные) присутствие V и Cr в золе краба и других Invertebrata. Bertrand (1943a, c) нашел $6 \cdot 10^{-5}\%$ Mo и $4 \cdot 10^{-5}\%$ V в сухом веществе *Carcinus moenas* и $5 \cdot 10^{-5}\%$ Mo и $1.2 \cdot 10^{-40}\%$ V в *Lepas anatifera*.

Литий, рубидий, цезий. Непосредственные определения для Crustacea неизвестны.

Радиоактивные элементы. Буксер, Кондагури, Мильчевская, Бронштейн (1931) определили в раке (точное название они не приводят) $8.1 \cdot 10^{-13}\%$ Ra в золе. В планктоне, состоящем из *Calanus finmarchicus* (см. выше его состав), Б.К. Бруновский (1932) в Биогеохимической лаборатории АН СССР нашел $4 \cdot 10^{-13}\%$ Ra на живое вещество, или $2 \cdot 10^{-11}\%$ Ra в золе. Evans, Kipp, Moberg (1938) определили $4 \cdot 10^{-130}\%$ Ra (живой вес), или $4 \cdot 10^{-140}\%$ (сухой вес), в планктоне Schizopoda с Тихоокеанского побережья США. К. Кунашева (1944) приводит цифру $7 \cdot 10^{-130}\%$ для количества Ra у *Hyas araneus* и $11.6 \cdot 10^{-130}\%$ (на живое вещество) для *Balanus balanoides*.

Что касается данных Бурксера и его сотрудников (1931) о содержании Th в раке и других организмах, они сомнительны в том смысле, что наблюдаемая активность проб золы организмов (выраженная авторами в Th-эквиваленте), вероятно, зависит от присутствия MsThI, а не Th. Благодаря отсутствию у Th растворимых соединений в природных условиях (почвах, воде и т. п.) он может встретиться в организме лишь в ничтожно малых количествах.

16. Металлоиды в Crustacea

Только для иода имеется более или менее ясная картина его распределения в различных видах Crustacea, далеко, конечно, еще не совершенная. Около 25 видов Crustacea было исследовано на содержание иода. Для брома, помимо данных для Crustacea, полученных в Биогеохимической лаборатории АН СССР, нам неизвестно.

В связи с тем, что в панцирях Crustacea скапливаются значительные количества фосфатов и что, с другой стороны, при анализах отмечалось содержание в них нерастворимых соединений, было бы интересно исследовать панцири на F. Известно краткое замечание Nicklès (1858) об обнаружении им в панцирях рака F. Неоднократно указывалось, что отолиты Mysidae и других рачков состоят из CaF_2 . Мы микрохимическим путем исследовали отолиты Mesidae и CaF_2 не нашли. Отолиты состояли из CaCO_3 .

Таблица 255
Содержание иода в Crustacea (в %)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
<i>Crangon vulgaris</i>		0.00007	—	Bourcet, 1900
<i>Astacus gammarus</i>		—	0.000088	Sandonnini, 1930
<i>Balanus balanoides</i>	Без раковины	—	0.005	Cameron, 1914
<i>Maja squinata</i>	Панцирь	—	0.00146	Sandonnini, 1930
	Внутренние органы	—	0.000103	Тот же
<i>Cancer productus</i>	Панцирь	—	0.003	Cameron, 1914
<i>C. magister</i>		—	0.0000455	Jaervis, 1928
<i>Palinurus interruptus</i>	Мускулы	0.000082	0.000333	Lunde, Bøe, Closs, 1930
		0.0000322	0.001456	Jarvis, 1928
<i>Palaemon</i> sp.	Панцирь	—	0.000335	Sandonnini, 1930
<i>Potamobius palliper</i>	Панцирь	—	0.000039	Тот же
	Органы	—	0.000037	«
<i>Homarus americanus</i>		0.000138	0.00116	Tressler, Wells, 1924
<i>H. vulgaris</i>		0.00156	0.0113	Closs, 1931
		—	0.00006	Adolph, Whang, 1932
<i>Callinectes sapidus</i>		—	0.00004	Tressler, Wells, 1924
<i>Penaeus setiferus</i>		0.000045	0.000225	Те же
<i>Pandalus dana</i>		—	0.000117	Jarvis, 1928
<i>Paralithodes camtschatica</i>		—	0.000159	Тот же
<i>Pandalus borealis</i>		0.000502	0.002026	Closs, 1931

Таблица 255 (окончание)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
	Молодой	0.000358	–	Тот же
<i>Munida bamffia</i>		0.000704	–	«
		0.000305	–	«
		0.000289	–	«
Schizopod plankton*		–	0.0007	«
Copepod plankton		–	0.002194	«
		–	0.001164	«
Amphipod plankton*		–	0.001301	«
<i>Calanus finmarchicus</i>	Планктон	0.0005	–	Виноградов, 1933
Shrimp	Мелкая креветка	0.000023	0.00011	Coulson, 1935b

* Указана преобладающая форма.

Таблица 256
Содержание иода в различных органах Crustacea (в % живого вещества)

Вид	Панцирь	Мускулы	Жабры	Внутренние органы	Печень
<i>Pandalus borealis</i>	0.00058	0.00008	–	0.00069	–
<i>P. vulgaris</i>	0.000186	0.000016	0.00030	0.000023	–
<i>Homarus vulgaris</i>	–	–	0.00139	–	0.00066
	–	–	0.00156	–	0.00086

Иод. Sarphati (1837) открыл иод в *Crangon vulgaris*, затем Reigel (1853) указал его в теле краба. Широко были поставлены исследования Crustacea на содержание в них иода норвежцами – Lunde и его сотрудниками, Closs, Вёе (1930). Они дали серии определений иода в отдельных органах Crustacea. Они попытались определить, в каком состоянии иод находится в теле и органах у Crustacea. В среднем содержание иода в Crustacea напоминает его содержание в других беспозвоночных, например, в Mollusca. Копеподовый и другие рачковые планктоны²⁴ содержат те же количества иода, что и бентосные раки. По сравнению с содержанием иода в морской воде зоопланктон в десятки раз богаче иодом. Patnaik (1934) в морской креветке нашел 0.000112% иода; Nilson, Coulson (1939) в *Peneus brasiliensis* нашли $2.3 \cdot 10^{-5}\%$ иода на свежее вещество. Westgate (1936) в крабе (точное название неизвестно, Гавайские острова) определил $6.94 \cdot 10^{-5}\%$ иода в сухом веществе. В пресноводных рачках *Epischura baicalensis* нами было найдено $<1 \cdot 10^{-3}\%$ иода в сухом веществе.

²⁴ Bouwman, Reith (1933) дает для планктона Зюйдзее 0.114 г иода в 100 г сухого вещества. Очевидно, для растительного планктона.

Из органов Crustacea обращает на себя внимание концентрация иода в яичнике (но не в мужской половой железе), например, у *Homarus* и *Pandalus*. Многие авторы отмечают богатство иодом панцирей раков. Наиболее бедны иодом мускулы Crustacea²⁵ (см. табл. 255, 256). При экстракции иода из различных органов и тканей Crustacea Closs (1931) нашел, что обычно более 50–60% всего иода легко переходит в спирт, эфир, щелочные вытяжки и т. д., лишь из панциря до 67% иода не извлекается этими растворителями.

Бром. Брома в Crustacea во много раз больше, чем иода. По нашим определениям, планктон *Calanus finmarchicus* содержит около 0.01% Br в живом веществе. А. Симорин в нашей лаборатории нашел для *Calanus finmarchicus* $7.4 \cdot 10^{-3}\%$ Br; *Gammarus locusta* – $5.62 \cdot 10^{-2}\%$ Br; *Hyas araneus* – $2.5 \cdot 10^{-2}\%$; *Eupagurus palescens* – $1.8 \cdot 10^{-2}\%$; *Pandalus borealis* – $1.07 \cdot 10^{-2}\%$ Br на живое вещество. Отмечается некоторая тенденция к увеличению содержания Br у Crustacea, например, по сравнению с содержанием у Echinodermata и других Invertebrata. Но обычный порядок содержания Br в Crustacea лежит в пределах содержания Br в морской воде.

Мышьяк. Уже первые определения As в Crustacea Gautier, Claussmann (1904) показали довольно большой размах его содержания: от $n \cdot 10^{-7}$ до $n \cdot 10^{-4}\%$ As на живое вещество различных раков. Из многочисленных определений As, особенно для рыб, выяснилось, что некоторые виды (рыб) содержат очень значительное количество As, например, камбала. Некоторые Crustacea содержат необычно высокие количества As. В *Calanus finmarchicus* из Баренцева моря нами было найдено $1 \cdot 10^{-3}\%$ As на сухое вещество. Для As новые данные сообщают еще Yamamura (1935), Luzanski (1935), Bose (1935) и другие, например, в *Idothea* sp. содержалось 0.33–0.46 мг As на 100 г сухого вещества; в *Gammarus* sp. – 2.18–2.24 мг As на сухое вещество. Штемберг (1939) в крабах и креветке (точные названия не указаны) из Японского моря находил от 0.172 до 0.472 мг на 100 г сухого вещества.

Яичник и семенник	Желудок	Автор
–	–	Closs, 1931
–	–	Lunde, Вбе, 1931
0.0101	0.0035	Closs, 1931
0.00046	0.0033	Тот же

В планктоне, состоящем главным образом из *Acartia centropages* (и коловратки *Brachionus*) из Азовского моря, содержалось 4.91 мг, а в другом планктоне из *Calanipela* и *Acartia centropages* – 1.76 мг As в 100 г сухого вещества. Ellis, Westfall, Ellis (1941) в пресноводных планктонных рачках из водоемов США нашли в амфиподовом планктоне 0.24 мг, в изоподах – 0.31 мг и в *Potamobius fluviatilis* – 0.41 мг As в 100 г сухого вещества.

Gautier (1902) и другие исследователи предполагали, что As в морских организмах находится в виде As-органических соединений. Charman (1926) убедился, что As находится в очень стойкой связи и, например, продолжительное кипячение раков в воде не понижает в них содержание As. Экстракция органов Crustacea различными растворителями показала, что большие количества As переходят при этом во фракцию, содержащую жир и т. п. В жировой фракции оказывается и главная часть мышьяка у рыб и у других животных (табл. 257).

²⁵ См. данные Parkera, Vilbrand (1931).

Таблица 257
Содержание As в Crustacea (в %)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
<i>Palinurus</i> sp.	Мускул	0.0000022	—	Gautier, Clausmann, 1904
	«	0.0000357	—	Те же
	Панцирь	0.000104	—	«
	Целиком	0.000045	—	«
	Мускул	0.00000016	—	«
	Панцирь	0.0000076	—	«
<i>Lepas anatifera</i>		—	0.001670	Fellenberg, 1929
<i>Homarus americanus</i>	3	—	0.000006	Bertrand, 1903
<i>Nephrops norvegicus</i>	10; внутренние органы	0.00247	—	Chapman, 1926
Prawn*	6	0.00545	—	Тот же
<i>Pandalus</i> sp.	8	0.00189	—	«
Crab*	6	0.00347	—	«
<i>Palinurus vulgaris</i>	5	0.00243	—	«
Crab		0.0010**	—	White, 1933
<i>Homarus</i> sp.		0.00145**	—	Тот же
<i>Pandalus</i> sp.		0.0010**	—	«
Prawn		0.00145**	—	«

* Съедобные части.
 ** Maximum.

В связи с высоким содержанием As в морских грунтах²⁶ изучение распределения As в бентосных животных, планктоне, водорослях необходимо, в частности, для правильного суждения о миграции As в море.

17. По поводу химического состава некоторых вымерших Arthropoda: Trilobita, Gigantostroma и Xiphosura

До последнего времени Gigantostroma и Xiphosura относили к разным классам и лишь недавно их стали считать по ряду признаков более близкими к Arachnoidea и выделили в отдельный класс Merostomata. Все Trilobita, Gigantostroma вымерли, а из Xiphosura известен ныне только так называемый мечехвост, или *Limulus*. В ископаемом состоянии Gigantostroma и Xiphosura известны с силура и даже кембрия. Трилобиты имели огромное распространение в кембрии и постепенно исчезли в девоне.

По-видимому, у большинства этих организмов в их хитиновом (?) панцире находились фосфаты кальция. В этом нас убеждают, во-первых, остатки древних Arthropoda, часто встречающиеся среди фосфатных стяжений, пород, а во-вторых, возможность в известных случаях непосредственно наблюдать концентрацию фосфатов в сохранившихся панцирях трилобитов и др. Все это указывает на участие этих организмов в обмене фосфора в морях прошлых эпох. Представляется удоб-

²⁶ См. Orton (1924). Иногда до 10⁻²%!!!

ным сделать попытку одновременно разобраться в их составе, поскольку и с геологической точки зрения их существование приурочено к одному и тому же времени, следовательно, участие их в образовании отложений могло быть совместным.

По своему химическому составу (в частности, панциря и крови) единственный из ныне живущих *Limulus polyphemus*, как мы сейчас увидим, отличается от Crustacea и других Arthropoda. Кровь содержит меньше сульфатов и Mg, что делает ее несколько похожей на кровь Vertebrata и сухопутных Invertebrata. Это также верно для Malacostraca. Более того, были обнаружены половые различия в составе крови у *Limulus*. Engel, Chao (1935) провели определения различных фосфорсодержащих компонентов в скелетной и сердечной мышцах *Limulus polyphemus*. В скелетных мышцах общее содержание кислотнорастворимого фосфора и фосфора, связанного с аргинином, больше, чем в сердечной мышце, так же как в аналогичных мышцах Vertebrata.

Мы не имеем полных анализов *Limulus*. Анализы панциря *Limulus* носят также качественный, ориентировочный характер. Невольно возникает вопрос, по аналогии с Crustacea (Decapoda, в частности) о том, включает ли панцирь *Limulus*²⁷ какие-либо минеральные включения. На этот вопрос можно было найти лишь косвенные указания. Так, например, Cayeux (1916) пишет: “*Dans un céphalothorax de Limule actuelle j’ai constaté l’absence totale de carbonate de chaux, et par contre un grand développement de chitine à l’extérieur et de phosphate de chaux à l’intérieur*”. Карбонатов кальция автор не нашел, но зато совершенно определенно указывает на присутствие фосфатов. Далее он замечает, что этот фосфат по своей интерференционной окраске напоминает свойства в микроскопе апатита.

Таблица 258
Организмы – концентраторы Р (содержащие фосфаты в скелетных частях)

Тип животных	Фосфатные организмы, семейства и роды
Porifera	<i>Leptogorgia, Phyllogorgia</i>
Coelenterata	Ceramoporidae, <i>Favositella</i>
Bryozoa	<i>Bugula, Bolopora</i>
Brachiopoda	<i>Lingula, Obolus</i> и др.
Vermes	<i>Hyalinacia, Onuphis, Leodice</i>
Mollusca	Conulariidae, Hyalithidae, Torellellidae
Arthropoda	Decapoda, Stomatopoda, Malacostraca и др.
Vertebrata	Все

Fränkel, Jellinek (1927b), изучавшие органический состав скелета *Limulus*, полученного ими из Нью-Йоркского аквариума, кратко замечают, что в панцире не содержалось CaCO₃. Панцирь имел зольный остаток, количество которого авторы не указывают. Качественные пробы обнаружили в панцире фосфор, а также серу, иод, хлор, бром²⁸. Никаких количественных данных они не приводят, но уже из этих ограниченных сведений можно заключить, что минеральная часть скелета *Limulus* резко отлична от минеральной части скелетов, например, большинства Crustacea.

²⁷ В основе панцирь *Limulus* хитиновый.

²⁸ Они разделяют взгляд Versluys, Demoll [см. Fränkel, Jellinek (1927b)] о близости *Limulus* к арахнидам.

Нами была сделана попытка непосредственно познакомиться с составом панциря²⁹. В сухом веществе панциря *Limulus* было найдено около 0.05% золы, т. е. чрезвычайно мало по сравнению с содержанием ее в панцирях, например, у *Decapoda* и других *Crustacea*. В золе находилось 0.1–0.2% CaO. Фосфатов было очень мало. Полученная рентгенограмма для вещества панциря не содержала никаких указаний на присутствие апатита или каких-либо других кристаллических фосфатов. Таким образом, панцирь *Limulus*, если и включает фосфат кальция, то в очень небольших количествах. Вряд ли сейчас может идти разговор о том, что он находится в панцире в виде апатита или в каком-либо другом определенном соединении. Нет еще к тому достаточных данных. Панцири³⁰ *Limulus* и, может быть, других *Xiphosura* не имели исключительного значения в смысле участия в образовании фосфатных стяжений.

Теперь обратимся к составу *Trilobita*. Накопившийся интереснейший материал об их составе, однако, невелик. При находках *Trilobita* упускали возможность изучения химического состава особенно хорошо сохранившихся и метаморфизированных панцирей. Систематически этого вообще не делалось, поэтому приводимые ниже наблюдения разобщены. По-видимому, Hicks (1875) первый указал на возможность концентрации фосфора при участии трилобитов. Он приводит анализы Hudleston (1875). В осадочных породах кембрийского возраста из среднего и нижнего кембрия Уэльса имелись прослойки, заключающие в себе остатки панцирей крупных трилобитов *Paradoxides davidis*. В этой прослойке было обнаружено 17.05% P_2O_5 , а в другом аналогичном случае – до 20% P_2O_5 .

Соседние же пустые слои породы, не заключающие этих организмов, содержали всего 0.3% и максимум до 4% P_2O_5 .

У Andersson (1894–1895) приводятся данные о нахождении фосфатов в остатках панцирей трилобитов *Olenellus* из кембро-силурийских отложений Швеции; они содержали 19.45% P_2O_5 . По Cleve (1870), *Belfura scarobeum* из Вестерголланда в ортоцератитовой толще содержали 36% P_2O_5 . Santesson (см. Linnarsson, Tullberg, 1882) указывает известняки, содержащие остатки *Paradoxides forchhammeri* и *P. ölandicus* с 0.561–1.479% P_2O_5 (см. также у Denckmann и других). Böttgild (1930), однако, считает, что в дорсальном щите трилобитов (не указывает, каких) фосфатов обнаружить было нельзя, и поэтому думает, что взгляд о содержании в панцирях трилобитов фосфатов кальция неверен. Кам нам кажется, этот вывод по отношению к *Trilobita* может иметь лишь ограниченное значение. Böttgild (1930) находил в панцирях трилобитов лишь кальцит. Hicks (1875), Sayeux (1916) высказывали соображения о том, что панцири трилобитов были тоньше, чем панцири раков, и содержали больше фосфатов. Нужно сказать, что и древние *Decapoda*, по-видимому, имели более тонкий хитиновый скелет. Очень вероятно, что состав минеральной части хитиновых скелетов трилобитов был иной, чем у современных раков, иными словами, отношение $CaCO_3/Ca_3P_2O_8$ было иное, чем то, которое наблюдается сейчас для панцирей *Decapoda* и других *Arthropoda*. Были ли они богаче или беднее фосфатами, сейчас еще не совсем ясно. При исследовании остатков трилобитов нужно более строго отбирать материал, избегая тех образцов, в которых посмертные про-

²⁹ *Limulus polyphemus* был получен нами от проф. П.П. Иванова.

³⁰ Внутренние органы *Limulus* содержат обычные количества фосфора. Они скорее разрушаются, нежели хитиновый панцирь, потому не могут всегда и непосредственно принимать участие в образовании пород. Кстати, можно заметить, что содержание P в скелетной мускулатуре больше, чем в сердечной, напоминая распределение P в мускулатуре *Vertebrata*; см. Engel, Chao (1935).

цессы инфильтрации – замещение фосфатами и другими – могли иметь место³¹. Это не всегда учитывалось. В настоящее время нет оснований утверждать, что кровь *Trilobita* и гигантских *Merostomata* и *Xiphosura* (*Limulus polyphemus*) содержала гемоцианин.

Нам ничего не известно о составе панцирей, в частности о содержании фосфатов у *Gigantostaca*³². Возможно, эти виды, живущие частично в пресных водах, также имели пористый хитиновый скелет, ненасыщенный солями, в противном случае они не имели бы возможности передвигаться.

Мы можем предполагать, что существовавшие в палеозое *Trilobita* (и, может быть, другие *Merostomata*) не являлись единственными концентраторами фосфора. Одновременно с ними жили и другие концентраторы фосфора, в частности панцирные рыбы, так называемые *Placodermi*, панцири которых по своему строению и составу являлись настоящей костью (см. у Stensiö, 1927). Таким образом, фосфорная геохимическая функция организмов имеет древнее происхождение. Фосфорная, как и другие – кальциевая, кремниевая и т. п. – геохимические функции живого вещества, существовала на протяжении всего известного нам времени. Со временем, с мощным развитием *Vertebrata*, последние стали главными концентраторами Р. Несомненно, все другие организмы участвуют непосредственно или косвенно в концентрации Р.

Так, например, фосфаты почти нацело извлекаются из морской воды фитопланктоном и поступают в сложный круговорот, поддерживаемый живым веществом моря. Мы не можем здесь остановиться на этом обмене. Все организмы, как мы уже сказали, участвуют в концентрации фосфора. Однако исключительное значение в этом смысле имеют организмы, в скелетах которых заключаются фосфаты. Подобные организмы являются фосфатными. В настоящее время мы можем назвать следующие концентраторы фосфора (см. табл. 258).

³¹ Примеры подобной инфильтрации замещения прекрасно известны. См. анализы ископаемых губок у Kostychev, Marggraf (1869) с содержанием 70% P_2O_8 . У Reis (1895) рыба из литографического сланца с 77% $Ca_3P_2O_8$ и т. п.

³² Нахождение фосфатов, в частности, укажет на близость состава панциря *Merostomata* к фосфорсодержащим *Crustacea*, а отсутствие его – к *Arachnoidea* и другим.

Глава XVII ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ TUNICATA

1. Общие замечания

Tunicata – в настоящее время немногочисленный по числу видов класс исключительно морских организмов. Положение Tunicata в системе организмов считается недостаточно выясненным и до настоящего времени еще вызывает споры¹. См. Jaekel (1915). Совершенно ничего не известно о распространении Tunicata в прошлом. Некоторые ископаемые находки, описанные как Tunicata, вызывали ряд возражений. Даже современное распространение Ascidae в различных морях и океанах также еще далеко не выяснено. Химические исследования этих организмов, как мы сейчас увидим, указывают на их весьма своеобразный состав. Нахождение в Ascidae значительных количеств ванадия выдвинуло ряд интересных и важных геохимических вопросов относительно возможного участия, по крайней мере, некоторых Ascidae в концентрации ванадия в породах.

Из трех отрядов, на которые обычно делятся Tunicata, – Ascidae, Appendiculariae и Salpa – только представители первого были исследованы с химической стороны, да и то в очень ограниченных пределах. Что же касается остальных, если не считать в известной мере случайных единичных определений в них сухого остатка, золы, воды, например в *Salpa* [Hensen (1887), Vernon (1895), Hilger (1875)], то они совершенно не изучались в этом направлении. Между тем полный анализ именно этих организмов мог бы дать некоторые указания на их положение среди других Invertebrata.

Исследование состава Ascidae привело в свое время к ряду неожиданных открытий. В 1845 г. Schmidt показал, что туника *Cynthia* sp. состоит главным образом из вещества, близкого к клетчатке, так называемого туницина. Таким образом, была обнаружена клетчатка, ранее считавшаяся принадлежностью растительного мира, у животных, имеющих сложную организацию. В тунике содержится иногда большие количества золы. Так, например, в мантии (тунике) *Ascidia mentula* было найдено 10% золы и 87% воды; в мантии *Ascidia (Phallusia) mammillata* содержалось от 8.87 до 12.66% золы в сухом веществе (0.72% в свежем), в мантии *Pyrosoma atlantica* – 11.58–16.18% золы и т. п. [см. Pauen (1865), Schmidt (1845), Schäfer (1871)]. В золе мантий указывалось постоянное нахождение CaSO_4 , MgCO_3 , Fe, фосфора². Schulze нашел в золе *Phallusia mammillata* до 9.5% Al_2O_3 и 2.77% SiO_2 . Высокое содержание алюминия в тунике, однако, не было затем проверено³. Содержание SiO_2 в тканях Ascidae (*Botryllus*, *Polycyclus reunieri* и *Synascidia*) и *Salpa*, измеренное Löwig, Kölliker (1846) и Griard (1873), не подтвердилось современными анализами. Webb (1937) спектроскопически нашел в *Ascidiella aspersa* (в % золы): 0.2% Sr; 0.2% Al; 0.005% Mn; 0.15% Fe; 0.1% Cu; 0.015% Pb и >1% V.

¹ Лучшая сводка, приводимая van Name (1945) и Berrill (1950), относится к американским и английским соответственно.

² Например, в тунике *Pyrosoma*. Помимо клейчатки, туника содержала белковое вещество.

³ Meunier (1936) нашел до $1.4 \cdot 10^{-2}\%$ Al в сухом веществе Ascidae – в десятки раз больше, чем в других Invertebrata.

Таблица 259
Содержание H₂O и золы в *Ascidiae* (в % на живое вещество)

Вид	H ₂ O	Зола	Место сбора	Автор
<i>Polycitor vitreus</i>	–	7.84	Кольский залив, Баренцево море	Виноградов, 1930–1932
<i>Didemnum albidum</i>	–	26.68	То же	Тот же
<i>Styelopsis grossularia</i>	–	5.24	«	«
<i>Microcosmus glacialis</i>	–	28.97	«	«
<i>Botrylloides schlosseri</i>	–	7.78	«	«
<i>Chelyosoma macleayanum</i>	–	3.43	«	«
<i>Amaroucium mutabile</i>	–	9.96	«	«
<i>Ascidia (Phallusia) obliqua</i>	90.20	6.52	«	«
тела без туник	–	2.92	«	«
туника	–	5.28	«	«
отростки туники	–	10.97	«	«
<i>Botrylloides violacea</i>	93.61	3.25	«	Krukenberg, 1881–1882
<i>Phallusia ceratodes</i>	96.00	–	«	Cameron, 1915a
<i>Pyura haustor</i>	97.00	–	«	Тот же
<i>Ascidella aspersa</i>	–	4.72	Черное море, Севастопольская бухта	Виноградов, 1930–1932
<i>Eugyra adriatica</i>	–	–	То же	Тот же
<i>Ciona intestinalis</i>	–	3.13	Кольский залив, Баренцево море	«
<i>Pyura pyriformis</i>	–	2.72	То же	«
<i>Styela rustica</i>	–	3.32	«	«

Ascidiae, взятые целиком вместе с туникой, содержат различные количества воды и золы (табл. 259), как это показали наши определения. Количество золы в *Ascidiae* находится в прямой зависимости от содержания у некоторых видов, например, сем. *Botryllidae*, *Didemnidae* и *Boltenia*, *Rhabdocynthia (Pyura)*, *Cystodytes* и др. [см. Herdmann (1884), Schmidt (1924)] в их мантиях разнообразных по форме спикул⁴, состоящих из CaCO₃. Форма спикул у разных видов своеобразна и может служить, вероятно, их видовым признаком. Заметим, кстати, что в мантии некоторых *Ascidiae* CaCO₃ находится частично в аморфном состоянии (например, *Botryllidae*). В спикулах CaCO₃ находится в кристаллическом состоянии, как это, например, наблюдали у *Didemnum maculatum* и др. Проба Meigen'a, произведенная W. Schmidt (1924) со

⁴ Анализ точных нет. Установлено лишь содержания CaCO₃. Содержится ли MgCO₃, неизвестно.

спикулами только что названного вида, указывала на арагонитовый характер состояния CaCO_3 . Bütschli (1908) в своем курсе по зоологии делает замечание о возможности существования у некоторых *Ascidiae* спикул из SiO_2 , однако экспериментальных данных для этого заключения сейчас нет.

Возвратимся к составу целых организмов *Ascidiae* (табл. 260). В золе тела *Ascidiae* Hilger (1875), а также и другими были найдены обычные соли: NaCl , MgSO_4 , CaCO_3 , Fe и немного SiO_2 (в *Phallusia*, *Salpa*). Единственный количественный, далеко не полный анализ *Phallusia virginia* имеется у Weigelt (1891). Помимо этого, Krukenberg (1881–1882) в *Amaroucium conicum* определил содержание хлора; Henze (1913b) в тканевой жидкости *Ascidia mentula* находил те же количества хлора, что и в морской воде и т. д.

Таблица 260
Химический элементарный состав *Phallusia virginia* (в %)

Химическое вещество	Живое вещество	Сухое вещество
H_2O	96.95	—
Зола	2.17	71.28
P_2O_5	0.04	1.17
K_2O	0.05	1.49
CaO	0.17	5.69
N	0.08	2.56

Из других галоидов в *Ascidiae* были найдены иод и бром. Количественные определения иода в *Ascidiae* были сделаны Cameron (1915a), который обнаружил, что содержание иода в *Ascidiae* того же порядка, что и других *Invertebrata*, — около $n \cdot 10^{-40}\%$ на живой вес⁵. Как известно, эндостиль у *Ascidiae* считали гомологом щитовидной железы. Мы ранее обращали внимание на незначительное содержание иода в эндостиле *Ascidiae*. Gorbman (1941) с помощью радиоактивного иода показал, что иод у *Perophora annectens* концентрируется действительно не в эндостиле, а в септе столонна, которая, очевидно, и является у *Ascidiae* гомологом щитовидной железы. Согласно Cameron (1922), в *Phallusia obliqua* содержится $n \cdot 10^{-3}\%$ Br, а по Neufeld (1936), в *Ascidiae* были найдены следующие количества брома (в % сухого вещества):

<i>Pyura haustor</i>	0.053–0.0985
<i>Tethyum igaboja</i>	0.228
<i>Cnemidocarpa joannae</i>	0.133
<i>Ascidiopsis paratropa</i>	0.207

т. е. несколько повышенное количество брома по сравнению с содержанием брома в морской воде.

В тканях *Ascidiae* содержится значительное количество соединений серы. В их крови найдена свободная серная кислота. В жидкости, извлеченной из оболочки (туники) *Ascidiae*, содержалось, по Henze, до 0.6855 г SO_2 в 100 см³ жидкости, тогда

⁵ В яичках *Ascidiae* заметно больше иода. Интересно, что Cameron не нашел иод в эндостиле (*Ascidiopsis*, *Pyura*). Данные Cameron в общем для иода высоки.

как в морской воде было 0.2546 г SO₂ в 100 см³. Высокую кислотность показывают кровяные шарики *Ascidiae*. Состав плазмы – содержание H₂SO₄, NaCl, Mg и др. для *Chelyosoma siboja* недавно дал Kobayashi (1935).

В *Ascidia obliqua* Т. Глебович (1941) нашла 4 · 10⁻³% В в сухом веществе, или 4.04 · 10⁻⁴% в живом веществе. Д. Малюга нашел в той же *A. obliqua* 7.1 · 10⁻⁴% Со в золе (4.3 · 10⁻⁴% в сухом веществе и 2.8 · 10⁻⁵% в живом веществе) и 2.3 · 10⁻³% Ni (1.4 · 10⁻³% в сухом веществе и 9.3 · 10⁻⁵% в живом веществе).

Некоторые другие химические элементы были определены в *Ciona intestinalis* I. и W. Noddack (1939) (в % сухого веса):

Ti	0.00017	Ni	0.0016	Ge	0.00004
V	0.062	Cu	0.0013	Sn	0.00035
Mo	0.00008	Zn	0.033	Pb	0.00011
Mn	0.012	Cd	0.00006	As	0.0003
Fe	0.025	Bi	0.00002	Sb	0.00001
Co	0.00023			Ga	0.00002

Приведенные нами выше отрывочные сведения о химическом составе *Ascidiae*, конечно, не могут дать ясной картины об их действительно полном составе. Одинаково обстоит дело и с нахождением в *Ascidiae* реже встречающихся химических элементов (за исключением разве что ванадия). Из этих элементов, в частности металлов, в *Ascidiae* были найдены Ti, Fe, Mn, Co, Ni, Zn, Cu, Sr, Ba, Ag и, наконец, V. За исключением ванадия, данные о нахождении всех других металлов носят главным образом качественный характер.

Железо содержится, например, в *Amaroucium mutabile*, особенно у *Microcosmus glacialis*, как мы наблюдали, в значительных количествах, в ряде же других видов – в небольших, например, у *Eugyra*, *Ciona intestinalis*. Schneider (1888) наблюдал большие количества железа в клетках крови и других тканей некоторых *Ascidiae*, например, *Diazona violacea*. Однако здесь нужно иметь в виду возможность присутствия ванадия, который в некоторых случаях может исказить реакцию на железо. Cantacuzène, Tschekirian (1932) находили железо вместе с ванадием в крови *Ascidia mentula*. По Phillips (1917), в *Ciona atra* было найдено 0.1175% железа на сухое вещество, а в другой особи (gray tunicate) – 0.1145% железа.

Таблица 261
Содержание иода в *Ascidiae* (по Cameron, 1914–1915)
(в % сухого вещества)

Вид	Комментарий	Иод	Вид	Комментарий	Иод
<i>Pyura haustor</i>		0.004	<i>Styella gibbsii</i>		0.000
	Семенник, 3	0.2		Семенник	0.117
	«	0.2981	<i>Goniocarpa coccodes</i>	«	Следы
<i>Ascidioipsis</i> sp.	«	0.013	<i>Cnemidocarpa joannae</i>		0.000
<i>A. paratropa</i>	Семенник, 3	0.007		Семенник	0.106
<i>Phallusia ceratodes</i>		0.000	<i>Boltenia arctica</i>	«	0.304
	Семенник	0.12	<i>B. villosa</i>		0.000

Таблица 261 (окончание)

Вид	Комментарий	Иод	Вид	Комментарий	Иод
<i>Corella rugosa</i>		0.000		Семенник	0.083
	Семенник	0.017	<i>Tethyum aurantium</i>		0.003
<i>Chelyosoma productum</i>		Следы		Семенник	0.021
	Семенник	0.184	<i>T. igaboja</i>		0.035
<i>Caesira apoploa</i>	«	0.000		Семенник	0.169

Таблица 262
Содержание Си в Ascidiidae (в % сухого вещества)

Вид	Комментарий	Иод	Автор
<i>Ascidiidae</i> sp.	Мантия	Следы	Dubois, 1900
		0.0011	Cunningham, 1931
<i>Ciona arta</i>		0.0015	Phillips, 1917
		0.0020	То же
<i>Ascidia mentula</i>	Без мантии	0.0025	Bertrand, 1943c
		0.0400	То же

Марганца, по нашим наблюдениям, было много в *Didemnum albidum* и *Microcosmus glacialis*, т. е. в тех видах, которые имеют спикулы из CaCO_3 . В *Ciona atra* и в другой Tunicata Phillips (1917) нашел около 0.001% марганца на сухое вещество. Bertrand, Mâcheboeuf (1925b) определили и во внутренних органах одной Ascidiidae (Vioulet) 0.00011% Со и 0.00008% никеля на сухое вещество. Bertrand (1943c) нашел $5 \cdot 10^{-4}\%$ Мо в сухом веществе *Ascidia mentula*, 0.07% – без мантии!

Медь была найдена в Ascidiidae многими (табл. 262).

В той же *Ciona atra* Phillips (1917) указывает нахождение цинка – $5 \cdot 10^{-3}\%$ на сухое вещество. Спектроскопически цинк обнаруживался нами часто в золе *Phallusia mammillata*. В том же виде найдены были спектроскопическим путем, кроме того, Ti, Sr, Ba. Azéma, Pied (1930) в крови *Phallusia* нашли серебро и титан. Обращает на себя внимание постоянное нахождение серебра в беспозвоночных, качественно обнаруженного, как мы видели, и другими авторами.

2. Нахождение ванадия в Ascidiidae

Неожиданным явилось открытие в Ascidiidae, в их крови, ванадия (табл. 263). Henze в 1911 г., исследуя кровь *Phallusia mammillata*, открыл в пигменте крови ванадий. Кровь *Ph. mammillata*, как и многих других Ascidiidae, имеет коричневую окраску, изменяющуюся в голубую при воздействии на нее некоторыми восстанавливающими веществами, например, спиртом, ацетоном и другими.

Таблица 263
Содержание V в Ascidiæ (в %)

Организм (вид, семейство, подотряд)	Живое вещество	Зола	Место сбора	Форма	Автор
Phlebobranchiata					
1. Ascidiidae					
<i>Ascidia mammillata</i>	–	Много в кровя- ном пигменте, до 18.5% V ₂ O ₅	Неаполитан- ский залив	Бореальная	Henze, 1911
<i>A. mentula</i>	–	0.982	То же	«	Henze, 1913; Azéma, Pied, 1930; Cantacuzène, Tschekirian, 1932
<i>A. fumigata</i>	–	(1.6)*	«	«	Тот же
<i>A. obliqua</i>	0.030	0.4638	Кольский залив, Баренцево море	«	Виноградов, 1930б
<i>A. atra</i>	–	Присутствует	–	«	Hecht, 1918
<i>Ascidiella aspersa</i>	0.0050	0.103	Кольский залив	«	Виноградов, 1932
	–	0.2773	Берег Франции	«	Cantacuzène, Tschekirian, 1932
2. Cionidae					
<i>Ciona intestinalis</i>	–	0.540	Неаполитан- ский залив, побережье Франции и др.	Космополит	Henze, 1913; Cantacuzène, Tschekirian, 1932
	0.0013	0.04	Кольский залив	«	Виноградов, 1932
3. Rhodosomatidae					
<i>Chelyosoma macleanum</i>	–	Присутствует	То же	Арктическая	Тот же
4. Diozinidae					
<i>Diazona violacea</i>	–	«	Неаполитан- ский залив	Бореальная	Henze, 1913
Stolidobranchiata					
5. Botryllidae					
<i>Botrylloides schlosseri</i>	0.0092	0.1193	Кольский залив	Бореальная	Виноградов, 1934
	–	0.0931	Атланти- ческий океан, побережье Франции	«	Cantacuzène, Tschekirian, 1932

Таблица 263 (окончание)

Организм (вид, семейство, подотряд)	Живое вещество	Зола	Место сбора	Форма	Автор
	–	0.0365	То же	«	Azéma, Pied, 1930; Cantacuzène, Tschekirian, 1932
	–	Присутствует	«	«	Azéma, Pied, 1930
6. <i>Pyuridae</i>					
<i>Pyura pyriformis</i>	–	Не найдено	Кольский залив	Арктическая, Субаркти- ческая	Виноградов, 1934
<i>Microcosmus glacialis</i>	–		То же	«	Тот же
7. <i>Styelidae</i>					
<i>Styela rustica</i>	–	Не найдено	Баренцево море	Арктическая	«
<i>Styelopsis grossularia</i>		0.0331	Берег Франции	Бореальная	Cantacuzène, Tschekirian, 1932
	0.0068	0.130	Баренцево море	«	Виноградов, 1934
8. <i>Molgulidae</i>					
<i>Eugyra adriatica</i>		Не найдено	Черное море	Средиземно- морская	Тот же
Aplousobranchiata					
9. <i>Didemnidae</i>					
<i>Didemnum albidum</i>	–	Не найдено	Кольский залив	Арктическая	«
10. <i>Synoicidae</i>					
<i>Parascidia elegans</i>	–	«	Берег Франции	Бореальная	Cantacuzène, Tschekirian, 1932
<i>Sidnyum turbinatum</i>	–	«	То же	«	Те же
<i>Morchellium argus</i>	–	«	«	«	«
<i>Amaroucium mutabile</i>	–	«	Кольский залив	Арктическая	Виноградов, 1934

* В % нерастворимого остатка золы.

Krukenberg (1881–1882), Winterstein (1909), занимавшиеся до того изучением свойств пигмента крови *Ascidiae*, установили, что их кровь резко отличается от крови других *Invertebrata*, содержащих гемоглобин или гемоцианин. Так, например, в крови *Ascidiae* не устанавливается равновесие с кислородом, зависящее, как известно, от парциального давления последнего. Кислород поглощается кровью *Ascidiae* и не освобождается при понижении давления (например, в вакууме). Пигмент крови, заключающийся в кровяных тельцах *Ph. mammillata*, – белкового характера и, по первым определениям Henze (1912), содержал до 18.5% ванадия. Позже Henze (1913a) нашел, что и другие *Ascidiae*, а именно: *Ascidia (Phallusia) mentula*, *As. fumigata*, *Ciona intestinalis*, *Diazona violacea* – содержат также ванадий. Одновре-

менно он установил, что кровь в Ascidiidae имеет резко кислую реакцию, обусловленную присутствием в кровяных клетках свободной серной кислоты⁶, иногда до 3%. Новые определения, как, например, Webb (1939) в *Ascidia mammillata*, дали около 9% H₂SO₄ [см. то же у Rapkine, Dambogreceanu (1925)], тогда как H₂SO₄ не было в плазме крови *A. aspersa* и *A. scabra*. Но нужно указать на то, что Prenant в *Didemnum cahielli*, так же как и Kobayashi (1935a) в *Chelyosoma siboga*, нашел H₂SO₄ в плазме Ascidiidae, которые не содержат ванадоцитов, и т. п.

Таблица 264
Современные данные о содержании ванадия в Ascidiidae (в %)

Организм (вид, семейство, подотряд)	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Место сбора	Автор
Phlebobranchiata					
1. Ascidiidae					
<i>Ascidium prunum</i>	0.014	—	0.275	Кольский залив	Виноградов, 1938*
<i>Asciidiella aspersa</i>	—	—	1.0	Великобритания	Webb, 1937
<i>Ascidia mammillata</i>	—	0.17	—	«	Webb, 1939
<i>Ascidia mantula</i>	—	0.186	—	«	Тот же
	—	0.0982	—	Атлантический океан	Bertrand, 1943b
<i>Ascidia mentula</i> var. <i>rudis</i>	—	0.145	—	Великобритания	Webb, 1939
<i>Ascidia aspersa scabra</i>	—	0.112	—	«	Тот же
2. Cionidae					
<i>Ciona intestinalis</i>	—	0.062	—	Швеция	L. Noddack, W. Noddack, 1939
	—	0.040	—	Великобритания	Webb, 1939
	—	0.0166	—	Атлантический океан	Bertrand, 1943b
Stolidobranchiata					
3. Botryllidae					
<i>Botrylloides schlosseri</i>	—	0.0008	—	Атлантический океан	Bertrand, 1943b
4. Pyuridae					
<i>Pyura savigni</i>	—	0.0007	—	То же	Тот же
5. Styelidae					
<i>Dendrodoa grossularia</i>	—	0.001	—	«	«
	—	(0.0048)	—	Великобритания	Webb, 1939
<i>Distomus variolosus</i>	—	0.0006	—	Атлантический океан	Bertrand, 1943b

⁶ Kobayashi находила до 4.3% H₂SO₄.

Таблица 264 (окончание)

Организм (вид, семейство, подотряд)	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Место сбора	Автор
6. Molgulidae					
<i>Molgula manhattensis</i>	–	0.0032	–	То же	Тот же
Aplousobranchiata					
7. Didemnidae					
<i>Didemnum candidum</i>	–	0.00026	–	«	«
<i>Didemnum maculosum</i>	–	0.0030	–	«	«
8. Synoicidae					
<i>Morchellium argus</i>	–	0.00037	–	«	«
<i>Parascidia turbinata</i>	–	0.00083	–	«	«
<i>Parascidia aureolata</i>	–	0.00039	–	«	«
<i>Aplidium pallidum</i>	–	0.00043	–	«	«
9. Palycitoridae					
<i>Clavelina lepadiformis</i>	–	0.0007	–	«	«
<i>Distoma crystallinum</i>	0.002	–	0.024	Кольский залив	Виноградов, 1938
* <i>Botrylloides schlosseri</i> , <i>B. leachi</i> , <i>Tethyum partitum</i> , <i>Microcosmus sulcatus</i> если и содержали V, то меньше 0.002%.					

Дыхательное значение пигмента, содержащего ванадий, несомненно, однако механизм переноса кислорода им остался невыясненным. Наконец, в 1932 г. Henze вновь вернулся к изучению свойств пигмента крови *Ascidiae*, содержащих ванадий. Пигмент, полученный из кровяных клеток *Ascidiae*, имел темно-синюю окраску. В нем содержалось 10.6% ванадия. В строме клеток (остаток от центрифугирования), помимо того, также содержался ванадий. Пигмент имел в целом малое содержание азота (7.53%). Henze считает, что ванадий в пигменте находится в виде двухвалентного соединения, а кровь представляет собой восстановительную систему, где пигмент играет роль водородного донатора. Более того, полагают, что V и H₂SO₄ имеют отношение к образованию исследуемой целлюлозной ткани, а также и к дыханию, но никаких дальнейших доказательств в подтверждение этой точки зрения получено не было. По-видимому, ванадий находится в комплексном соединении, содержащем пиррольную цепь, подобную желчному пигменту.

Webb (1939) в *Ascidia mammillata* нашел, что мантия содержала 0.61 мг V, кишечник 1.10 мг V, а кровь 3.75 мг V, т. е. 85% V у *Ascidia* находилось в крови. Пигмент крови содержал 5.5% V и 10.16% N. Благодаря систематическим работам по нахождению ванадия в *Ascidiae* Виноградова (1930б, 1932, 1934), Webb (1939), George (1930а, 1939) накопился новый материал, позволяющий более точно указать, в каких видах и родах находится ванадий в крови *Ascidiae* (табл. 264).

George (1930а, б) думает, что ванадий связан с пигментом, находящимся в так называемых зеленых и перстневидных, а также других клетках некоторых асцидий

(он исследовал *Ph.nigra*, *Symplegma viride* и др.). Анализ он не приводит. Webb (1939) указал, например, что у *Ascidiella aspersa* и *Ascidia scabra* их нет. У этих видов, равно как и у многих других видов, например, из Rhodosomatidae, Cionidae, Botryllidae и других, содержащих в крови ванадий, последний находится в другом состоянии и в других клетках. Cantacuzène, Tschekirian (1932) наблюдали скопление ванадия вокруг паутиных (araignées) клеток в тунике, например, *As. mentula*, а также в мигрирующих амебоцитах. Они также нашли, что зольный остаток из крови *Ascidiae mentula*, будучи отмыт от растворимых солей, содержал 66.7% ванадия. Нахождение ванадия в них вскоре было подтверждено открытием его Hecht (1918) в *Phallusia atra*, а затем одновременно Azéma, Pied (1930); Виноградовым (1930в, 1932, 1934); Cantacuzène, Tschekirian (1931) во многих видах *Ascidiae*. Azéma, Pied (1930) качественно, спектроскопическим путем, показали присутствие ванадия в крови двух форм *Botrylloides schlosseri*, а также в видах, ранее исследованных Henze (1913a) (*Phallusia mammillata*, *Ascidia mentula* и *A. fumigata*). Они обратили внимание на то, что ванадия было больше в крови видов *Ascidiae*, нежели в крови *Botryllidae*. Мы свои определения ванадия произвели у видов, собранных нами в Кольском заливе Баренцева моря в течение 1930–1932 гг. Мы располагали 13 видами, относящимися к 10 различным семействам. Cantacuzène, Tschekirian (1932) исследовали *Ascidiae* из Роскофа. Как видно из таблиц 263 и 264, исключительно богатые ванадием виды относятся к семействам *Ascidiidae*, *Cionidae*, а также, вероятно, и к некоторым другим семействам из *Phlebobranchiata*. Среди семейств *Ascidiidae* выделяются по высокому содержанию ванадия виды *Ascidia (Phallusia) mammillata*, *A. mentula*, *A. fumigata* и на нашем севере – *A. obliqua*. Беднее всего оказалась *Chelyosoma macleayanum* (сем. *Rhodosomatidae*) – форма арктическая. Из *Stolidobranchiata* лишь виды *Botryllidae*⁷ содержали ванадий в заметных, а иногда значительных, но меньших количествах, чем многие *Ascidiae*. Относительно высокое содержание ванадия в *Stylopsis grossularia*⁸ в нашем случае может быть частично связано с тем обстоятельством, что мы *St. grossularia* выбирали с туник *Ascidia obliqua*, на которой они жили. Туники же *A. obliqua* содержат в золе 0.04% ванадия. Другие из *Stolidobranchiata* либо не содержат ванадия, либо содержат его в следах. Это отчасти может объяснить, почему, например, Henze (1913a), Phillips (1917) не могли обнаружить ванадий в ряде других *Ascidiae*. Наконец, среди *Aplousobranchiata* было найдено еще меньше ванадийсодержащих видов. Мы могли найти его лишь в *Polycitor vitreus*.

Иными словами, намечается известная дифференциация в распределении ванадия в *Ascidiae*. *Phlebobranchiata* имеют семейства с видами, наиболее богатыми ванадием. Типичными концентраторами ванадия являются все или большинство видов *Ascidiidae*, затем *Cionidae*, некоторые виды семейства *Diozonidae*, где его, по-видимому, меньше. В других отрядах *Stolidobranchiata* и *Aplousobranchiata* наблюдается примерно та же картина, с той лишь разницей, что число видов, концентрирующих ванадий, среди них, по-видимому, меньше и степень концентрации ванадия в них ниже. В каждом подотряде, вероятно (тоже в пределах семейства), существуют виды с различным содержанием ванадия, но среди *Phlebobranchiata* их больше, а параллельно с тем общий уровень содержания ванадия в них выше. Таким образом, содержание ванадия в *Ascidiae* является признаком рода, семейства и, может быть, вида. В этом направлении, несомненно, надо вести исследования дальше.

⁷ Всех *Botryllidae* можно рассматривать как формы одного вида.

⁸ Вид, пришедший из boreальных вод.

С другой стороны, нетрудно заметить, что наиболее богатые ванадием *Ascidiae* – виды теплых вод, и наоборот: виды типично арктические, как правило, беднее ванадием. Однако и среди теплолюбивых форм *Ascidiae* известны виды, не концентрирующие ванадий. Это явление наблюдается и по отношению к космополитным формам, так, например, *Ciona intestinalis* из Роскофа имела в золе 1.5% ванадия, а из Кольского залива – 0.05% ванадия. На севере *Ciona intestinalis* никогда не достигает такого развития в смысле величин, какие наблюдаются в Роскофе и в еще более южных морях. Виды арктические и субарктические из семейства *Rhodosomatidae* в большинстве случаев содержат мало ванадия, например, *Chelyosoma*, а из других семейств *Ascidiae* – арктические формы: *Pyura pyriformis*, *Microcosmus glacialis*, *Styela rusticum*, *Didemnum albidum*, *Amaroucium*.

Таким образом, среди туниката лишь для *Ascidiae* установлено нахождение в определенных видах ванадия. Для *Salpae* и *Appendiculariae* экспериментальных данных нет. Косвенные соображения говорят об отсутствии в них ванадия⁹. Большая часть ванадия в *Ascidiae*, как мы видели, находится в крови, затем во внутренних органах, но и мантия содержит ванадий. Так, например, по нашим определениям, в органах *Ascidia obliqua* было 0.048%, а в мантии – 0.002% ванадия на свежее вещество.

Содержание ванадия порядка 10⁻²% в асцидиях является примером его огромного накопления. Обычно же ванадий находится в различных организмах, как известно, от следов до 10⁻⁴% на живой вес (см. по этому поводу нашу сводку о распределении ванадия в организмах). Характер расселения асцидий в море в определенных его частях способствует местному обогащению илов моря ванадием. На глубинах от нескольких до сотни метров асцидии образуют на дне заливов, часто недалеко от берега, своего рода заросли. Так, например, *Ascidia obliqua* в Кольском заливе образует подобного рода биоценоз в виде полосы, в среднем около 0.5 км в ширину и около 7 км в длину; *A. mammillata* – в Неаполитанском заливе; *Ascidiella aspersa* – в Черном море – в Севастопольской бухте и другие асцидии в других заливах, например, в Кварнерском заливе, по берегам Франции и т. д. образуют подобные же биоценозы. Они заселяют определенные фации дна – обычно области перехода песчанистых илов в илы. Здесь на площади в 1 м² находится иногда в среднем до 3 кг живого вещества асцидий, т. е. примерно до сотни экземпляров, как это наблюдается в Севастопольской бухте Черного моря для *Ascidiella aspersa*. *Ascidia obliqua* в Кольском заливе Баренцева моря встречается в области их обитания в количествах до 100 шт. на 1 м², т. е. при весе одного экземпляра около 40 г масса их равна 4 кг на 1 м² площади моря.

В морской воде ванадий находится в ничтожных количествах, которые не обнаруживаются даже при обработке многих литров воды¹⁰. Планктон, водоросли, бентос содержат чрезвычайно малые количества ванадия. Возникает вопрос: откуда же асцидии собирают ванадий? Очевидно, должен быть источник, содержащий заметные количества ванадия, так как *Ascidiae* очень медленно фильтруют воду. По мнению многих зоологов, асцидии питаются планктоном (и падающим детритом). Но, как мы уже говорили выше, найти ванадий в планктоне из *Calanus finmarchicus* и т. п. не могли. Единственным источником, как нам кажется, могли бы быть илы

⁹ *Salpae* и *Appendiculariae* – планктонные формы. Если считать, как мы думаем, что источником ванадия для *Ascidiae* является ил моря, то они из-за своего образа жизни лишены этого источника. Интересно, что плавающая формы *Ascidiae* *Eugura adriatica* не содержит ванадия.

¹⁰ Мы не могли найти ванадий в 60 л воды моря. Вероятно, V в воде моря около $n \cdot 10^{-7}\%$.

моря¹¹, которые содержат, например, по нашим определениям из Кольского залива, от $1 \cdot 10^{-2}$ до

$3 \cdot 10^{-2}\%$ ванадия. Может быть, при взмучивании ила он частично попадает в ротовые отверстия асцидий. Во всяком случае, в кишечнике асцидий находили песчинки. После отмирания асцидий, очевидно, происходит местное обогащение илов ванадием¹². Нахождение ванадия в нефтяных и других битумах (иногда до 50% ванадия в их золе) дало нам повод высказать предположение о возможном происхождении этого ванадия из илов моря, где он, хотя бы частично, мог накапливаться в результате жизнедеятельности организмов, подобных асцидиям. Этот сложный вопрос мы рассматриваем в другом месте¹³. Много еще неясного в этом процессе. В нефтях ванадий встречается в виде ванадий-порфириновых комплексов. Очень вероятно, что ванадий находится в нефтях с самого момента их образования. Отсюда становится ясной вся важность вопроса о времени возникновения и распределения в морях прошлых эпох организмов, подобных асцидиям. Однако здесь ничего не известно. Помимо оспариваемого указания Jaekel (1915) о нахождении им некоторых форм асцидий (*Permosoma tunicata*) из пермских отложений Сицилии, других указаний мы не знаем. Между тем восстановление прошлой истории развития Ascidiaceae, времени их расцвета и т. п. способствовало бы выяснению многих геохимических проблем, связанных с историей миграции ванадия.

Еще несколько слов о близости в систематическом отношении *Tunicata* и *Amphioxus* и других Chordata. Главным основанием для классификации этих организмов, между прочим, является так называемая хорда, которая сохраняется у взрослых форм только у *Amphioxus*. Нам кажется, независимо от многих других особенностей Ascidiaceae, по характеру крови, единственной в своем роде, содержащей ванадиевый комплекс непорфиринового характера и т. п., они резко обособлены от гемоглобинсодержащих организмов, например, того же *Amphioxus*. Никакой в прямом смысле кровной близости между этими организмами нет. Возникает другой любопытный вопрос: не является ли концентрация ванадия представителями лишь двух классов, а именно Ascidiaceae (*Tunicata*) и *Holothuria* (*Echinodermata*), указанием на их близость в смысле систематического положения? Ряд зоологов уже давно сближают их, располагая в систематическом порядке *Echinodermata* непосредственно с *Tunicata*; оба типа организмов относятся к *Deuterostoma* [см. Claus (1876) и Федотов]¹⁴. Но ответ на этот вопрос может быть дан только после того, как будет достаточно хорошо выяснено распространение ванадия в *Holothuria*, ибо сейчас нам известен лишь один случай концентрации ванадия *Holothuria*, а именно *Stichopus*

¹¹ Webb (1939) нашел, что ил из района обитания *Ascidia mammillata* не дает обильного выделения V при кипячении в течение 2 ч в 5% HCl. Он заключил, что морская вода может быть вероятным источником V. Bertrand (1950) также обсуждает этот вопрос и делает заключение о присутствии аккумуляторов ванадия в фитопланктоне, которым питаются асцидии. В то время как настоящая работа ушла в печать, Goldberg, Mcblair, Taylor (1951) показали, что *Ciona intestinalis*, вероятно, накапливал ванадий. Несомненно, он частично концентрирует ванадий преимущественно из планктона и детрита посредством слизистых оболочек глотки. Количество ванадия в животных связано с концентрацией элемента в море, со скоростью фильтрации и эффективностью потребления. Элемент аккумулируется на стенках пищеварительного тракта и в яичниках.

¹² Поскольку тепловодные формы богаче ванадием, постольку можно ожидать большего скопления ванадия в илах бореальной (тропической) области, в пределах континентального барьера.

¹³ См. Виноградов А.П. Ванадий в нефтях и битумах СССР // Докл. АН СССР. 1935. Т. 4, № 8/9. С. 333–336; О происхождении ванадия в нефтях и твердых битумах // Академику В.И. Вернадскому к пятидесятилетию научной и педагогической деятельности. М., 1936. Т. 1. С. 145–167.

¹⁴ Более современные данные, см. Флоркин (1949).

möbii. В других видах даже того же рода *Stichopus* обнаружить концентрацию ванадия не удалось.

Мы попытались определить ванадий в *Saccoglossus mereschkowskii* Wagner (также относящихся к Deuterostomata) из Белого моря. Однако в 0.9 г живого вещества этого организма спектроскопически ванадий не был обнаружен. Может быть, из-за недостатка материала, но концентрации V, очевидно, нет.

Глава XVIII ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ LEPTOCARDII и CYCLOSTOMATA

Окостенение у Cyclostomata не наблюдалось, а их химический состав почти не известен. Тело их содержит немного минеральных веществ. В крови и в некоторых тканях *Muxine* присутствует много мочевины¹, но в тканях *Petromyzon*, напротив, ее незначительное количество. Пигмент крови близок по своим свойствам к эритрокрурину беспозвоночных; эритрокрурин обнаружен в плазме крови *Amphioxus* (табл. 265).

Таблица 265
Химический состав Cyclostomata (в % живого вещества)

Вид	Комментарий	H ₂ O	N	Зола	Место сбора	Автор
<i>Petromyzon marinus</i>		71.07	2.38	0.66	США	Alwater, Woods, 1896
<i>Caspiomyzon wagneri</i>		—	—	0.75	Каспийское море	Астраханская биостанция, 1926
		59.00	2.25	—	То же	Осипов, 1931
<i>Lampetra fluviatilis</i>	♂♂	67.01	2.36	0.83	р. Нева (осень)	Тилик, 1932б
	♀♀	67.05	2.26	0.79	« «	Тот же
	♂♂	76.45	2.13	0.99	« (весна)	«
	♀♀	76.21	2.21	0.90	« «	«

¹ Неизвестен автор этого утверждения. См. Florin (1949): «Кровь *Muxine glutinosa* (морская Cyclostomata) содержит относительно небольшое количество мочевины, так же как кровь пресноводных пластиножаберных рыб». См. также таблицу 322.

Глава XIX ГЕМОГЛОБИН, ГЕМОЦИАНИН И ДРУГИЕ ДЫХАТЕЛЬНЫЕ ПИГМЕНТЫ *INVERTEBRATA*, СОДЕРЖАЩИЕ МЕТАЛЛЫ²

1. Химический состав крови и других жидкостей тела *Invertebrata*

Вопрос о химическом составе растворов тканей *Invertebrata*, особенно крови, представляет исключительный интерес для сравнительной физиологии. В настоящее время ему уделяется большое внимание. В специальных работах можно найти важные экспериментальные исследования о составе растворов крови той или иной группы организмов. Разрешение этого вопроса, в смысле познания законов эволюции состава крови *Invertebrata* и других организмов, потребует еще большего времени и участия многих исследователей. Современные *Invertebrata* являются представителями самых разнообразных древних групп организмов. Это обстоятельство осложняет в известной мере возможность непосредственных сопоставлений и сравнений между собой состава крови современных организмов. Морские организмы теснейшим образом связаны с морской водой. Поэтому невольно возник вопрос о зависимости состава тканевых растворов *Invertebrata* от состава морской воды, а отсюда возникли, в свою очередь, вопросы о постоянстве состава морской воды в геологическом времени³. С геохимической стороны чрезвычайно важно попытаться использовать все, что известно о составе крови и других жидкостей *Invertebrata* для освещения геохимических вопросов. Только с этой стороны мы и попытаемся кратко ознакомиться с составом крови *Invertebrata*. Мы заранее отказываемся здесь от мысли критически рассмотреть вопрос о возможном изменении состава воды океана. Это большой, еще мало экспериментально разработанный вопрос.

Все морские *Invertebrata*, как хорошо известно, имеют в крови раствор солей, газов, органических веществ и т. п., изотоничный раствору морской воды. Это было выяснено еще в прошлом веке благодаря массовым определениям точек замерзания крови и других жидкостей у многочисленных *Invertebrata*, произведенных Frédéricq (1885), Quinton (1904), Bottazzi (1908), Quagliariello (1920), или косвенно по содержанию хлора (или NaCl) Krukenberg (1881–1882). Для морских *Invertebrata* Δ колеблется от 2.18 до 2.36 и равна Δ в среднем (по Bottazzi, 1908) 2.29, т. е. депрессии морской воды.

У пресноводных *Invertebrata* осмотическое давление крови не равно осмотическому давлению окружающему раствору воды, а всегда выше, например, у *Anodonta* $\Delta = 0.115$, по Călugăreanu (1914–1915) и т. п. Одновременно было установлено, что с изменением состава морской воды (ее концентрации или разбавления) соответственно изменялось общее содержание солей (изменялась Δ) в крови и других жидкостях *Invertebrata*. Однако эти изменения, наступавшие вследствие разбавления морской воды, как теперь выясняется, вызывают различную реакцию со стороны разных *Invertebrata*. Так, например, Duval (1925) делит всех беспозвоночных на две группы: у одних (например, Echinodermata, Vermes) с разбавлением

² О самых последних данных см. Florkin (1949).

³ См. исследования Convey (1942, 1943, 1945).

морской воды происходит соответственно разбавление крови и жидкостей тела; у других же – Crustacea, Cephalopoda и т. д., содержащих в крови несколько меньше хлора, чем находится в морской воде, у которых отношение $Cl_{\text{сыворотки}}/Cl_{\text{моря}} = 0,9$, разбавлением не изменяется⁴. Вопрос об изменении состава крови Invertebrata при переходе из пресных водоемов в соленые и наоборот имеет не только большой теоретический смысл, но и большое практическое значение. Как мы уже говорили, пресноводные Invertebrata имеют низкое значение Δ [см. для *Anodonta* у Seuffert (1928), de Waele (1930)]. Drilhon-Courtois (1936) дает анализы крови (гемолимфы) *Potamobius astacus* типично пресноводного рака, затем крови пресноводного краба *Telphusa fluviatilis* и, наконец, состав крови морского рака *Carcinus moenas*.

Таблица 266
Химический состав крови Grustacea

Вид	Na	K	Ca	P	Белок
<i>Potamobius astacus</i>	4.88	0.19	0.56	0.099	47.3
<i>Telphusa fluviatilis</i>	7.75	0.33	0.723	0.01	45.0
<i>Carcinus moenas</i>	13.5	0.663	0.677	0.028	37.5

Как мы видим (табл. 266), содержание NaCl постепенно растёт в крови от *Potamobius* к *Carcinus*. Насколько этот процесс изменения в содержании NaCl имел место при адаптации этих организмов к определенным условиям, остается еще открытым вопросом. Отношение Na/K в крови Invertebrata более или менее одинаково и близко к 20. Иными словами, содержание калия в крови Invertebrata имеет явную тенденцию к повышению сравнительно с его содержанием в морской воде. То же отношение Na/K и в крови пресноводных Invertebrata в сторону еще большего увеличения калия.

Еще больший интерес вызвало содержание в крови различных беспозвоночных ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} . Единственное, на что Griffiths (1890–1891), один из первых, занимавшихся изучением элементарного химического состава крови Invertebrata, мог обратить внимание в смысле различия их содержания в крови, это – на некоторое уменьшение содержания кальция в крови Cephalopoda. Macallum (1910) указал на различие содержания Mg в крови различных морских организмов. У одних организмов в крови преобладал Mg над кальцием в 3–4 раза и отношение Mg^{2+}/Ca^{2+} напоминало таковое в морской воде; у других – Mg в крови было меньше в 8–10 раз, чем у первых, и преобладал кальций (в 3 раза больше Mg). Иными словами, в этих случаях Mg/Ca отличалось от Mg/Ca в морской воде. Macallum (1910) дал анализы крови *Homarus*, *Limulus* [см. более ранние анализы для крови *Limulus* Genth (1851); Gotch, Laws (1885); McGuigan (1907)]. Он тогда же высказал оригинальную теорию, согласно которой состав жидкости тела Invertebrata гесп. крови зависит от того, что у разных животных в их тканях сохранился состав воды морей той эпохи, когда произошла изоляция этих жидкостей от морской воды в процессе эволюции организмов. Отсюда им была допущена возможность изменения химического состава морской воды на протяжении геологического времени. Возможно, состав воды океана изменялся. На этом вопросе мы здесь останавливаться не будем.

⁴ О содержании Cl и отношении $Cl_{\text{сыворотки}}/Cl_{\text{моря}}$ у *Limulus* см. у Tomas (1929), Dailey, Fremont-Smith, Carroll (1931).

Изменения Mg/Ca в крови беспозвоночных, однако, имеют известную закономерность. Из таблицы 267 видно, что тенденция к увеличению содержания Mg намечается у совершенно определенной группы *Invertebrata*: Coelenterata [см. данные еще у Macallum (1910) и др.], Echinodermata [см. у Mourson, Schlagdenhauffen (1882)], *Limulus* имеют высокое содержание Mg в гемолимфе. Как мы знаем, это типично морские организмы. Неизвестны случаи их адаптации к пресной воде. Некоторые из Mollusca (см. анализы жидкостей у Collip, 1920), Crustacea, наоборот, показывают низкое содержание Mg в крови.

Таблица 267
Химический состав крови *Invertebrata* (в г на 1 л крови)

Вид	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄ ²⁻	Автор
Echinodermata							
<i>Holothuria tubulosa</i>	10.10	0.550	—	—	—	—	Leulier, Bernard, 1931
<i>Caudina chilensis</i>	10.74	0.468	0.436	1.236	18.85	2.70	Koizumi, 1935
Mollusca							
<i>Aplysia punctata</i>	—	0.47	0.53	1.39	21.6	—	Bethe, 1928–1929
<i>Aplysia fasciata</i>	10.37	0.542	—	—	—	—	Leulier, Bernard, 1931
<i>Pinna nobilis</i>	10.21	0.495	—	—	—	—	Те же
<i>Crassostrea circumpecta</i> *	11.09	0.354	0.416	1.30	19.5	2.67	Kumano, 1929
	11.96	0.362	0.425	1.53	21.0	2.82	Тот же
	11.90	—	0.42	—	21.06	—	Myers, 1920
<i>Schizothorus nutalli</i>	12.4	—	1.38	—	19.5	—	Тот же
<i>Octopus vulgaris</i>	10.75	0.892	—	—	—	—	Leulier, Bernard, 1931
<i>Sepia officinalis</i>	11.50	0.717	—	—	—	—	Те же
<i>Anodonta</i> sp**	0.042	0.025	0.231	0.022	0.355	0.089	Waele, 1930
Crustacea							
<i>Homarus vulgaris</i>	9.03	0.337	0.438	0.156	15.47	0.694	Macallum, 1910
<i>Maja squinado</i>	10.05	0.752	—	—	—	—	Leulier, Bernard, 1931
<i>Carcinus moenas</i>	9.60	1.16	—	—	—	—	Те же
	13.5	0.663	0.677	—	—	—	Drilhon-Courtois, 1934
	—	0.56	0.56	0.64	20.16	—	Bethe, 1928–1929
<i>Paralithodes camtschatica</i> (♀)	8.41	1.966	0.402	—	14.98	—	Matsui, 1916b
Xiphosura							
<i>Limulus polyphemus</i>	10.0***	0.53	0.338	1.107	15.78	0.765	Gotch, Laws, 1885
	10.0***	1.24	0.549	0.797	17.03	0.887	Genth, 1851
	10.0***	0.611	0.486	1.106	16.15	0.856	Тот же
	10.0***	0.472	0.551	1.029	16.85	0.483	McGuigan, 1907
	8.885	0.459	0.361	0.995	16.608	1.118	Macallum, 1910

Таблица 267 (окончание)

Вид	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄ ²⁻	Автор
Tunicata							
<i>Phallusia mammillata</i>	10.35	0.515	—	—	—	—	Leulier, Bernard, 1931
<i>Chelyosoma Siboja</i>	10.49	0.53	0.465	1.01	17.38	4.74	Kobayashi, 1935

* Прекордиальные железы.

** Пресноводная; солевой остаток крови – 1.10.

*** Содержание Na принято равным 10.0 г в 1 л крови и соответственно пересчитан весь анализ.

Наблюдающиеся у разных авторов колебания в содержании кальция в крови Mollusca (следовательно, и отношения Mg/Ca) частично объясняются ошибочностью метода определения кальция в крови, как это показали Collip (1920) и др. Среди Crustacea и Mollusca мы имеем многочисленных представителей в пресных водоемах. Таким образом, в ряде классов Invertebrata (может быть, более высоко стоящих в систематическом порядке) существует тенденция к уменьшению содержания в крови и других жидкостях тела Mg.

Из анионов в крови присутствуют Cl⁻, SO₄²⁻ и, кроме того, CO₂ и меньше PO₄³⁻. Содержание Cl в крови и других жидкостях Invertebrata близко к содержанию его в морской воде. Было отмечено, что у некоторых Invertebrata содержание Cl постоянно ниже, чем в окружающей среде, например: у *Limulus*, Crustacea и других классов [см. Duval (1925), Thomas (1929) и др.]. Что касается содержания SO₄²⁻, то тут картина неясна. Имеющиеся анализы крови, например, McGuigan (1907), Matsui (1916b), Griffiths как будто указывают на тенденцию к уменьшению содержания SO₄²⁻ в крови Invertebrata по сравнению с морской водой⁵. Однако нужно иметь в виду, что во многих случаях понижение следует отнести за счет методов анализа⁶. Помимо приведенных выше анализов крови и других жидкостей тела Invertebrata, некоторые данные можно найти у Harless (1847), Schlossberger (1854–1856), Hessling (1859), Bert (1867), Griesbach (1891), Halliburton (1891), Voit (1892), Schmidt (1920), Bogucki (1934), Villela, Oliveira (1941), Aboryi и др. P в крови находится главным образом в виде связанного с белками и другими веществами. Изучение распределения P (а также и азота) в крови Invertebrata с физиологической точки зрения подробно проводилось Baldwin, Needham (1934), Delauney (1931). В крови Invertebrata постоянно находились Fe, Cu, Zn, а у некоторых, как мы теперь знаем, ванадий. Многие из них связаны с дыхательными пигментами крови. Поэтому мы еще вернемся к вопросу об их распределении в связи с вопросом распределения металлосодержащих дыхательных пигментов в крови.

Из других химических элементов в крови морских организмов были обнаружены Ag, Ti, Mn, Zn. У разных полов Invertebrata кровь, по-видимому, различается по содержанию некоторых веществ, например серы [см. по этому поводу у Genth (1851); Matsui (1916b); Tadokoro, Watanabe (1928)].

О составе жидкостей яиц Invertebrata см. у Bialaszewicz (1926), Page (1927a, b).

⁵ Определение серы часто делалось в золе после сжигания. При этом потери серы несомненны.

⁶ У рыб в крови SO₄²⁻ – 0.1%.

2. Металлоорганические и другие соединения у беспозвоночных

Если проникновение того или иного химического элемента в виде растворимых соединений ионов в ткани организмов является первым этапом на пути вовлечения его в физиологический обмен, то образование металло- и металлоидоорганических соединений является в этом направлении вторым, еще более важным моментом. Таким образом, закрепляется физиологический обмен металла или металлоида в организме, на основе которого со временем создаются более специфические функции тех или других металло- и металлоидоорганических соединений. Ионы металлов с различными белками *in vitro* при известных условиях дают соединения (осадки), химический характер которых не всегда точно изучен. Вероятно, подобный процесс имеет место и *in vivo*. Во всяком случае, мы знаем, что многие металлы – Mn, Fe, Zn, Cu, Co и другие – находятся в недиссоциированном состоянии. Многие металлы в виде подобных соединений накапливаются в железистых органах, прежде всего, в печени или в аналогичных органах беспозвоночных, главным образом Mollusca, Crustacea, Vermes и др.

Высокое относительное содержание Fe, Mn, Cu, Zn и некоторых других химических элементов наблюдается и в печени рыб и других позвоночных, в частности в печени эмбрионов и новорожденных млекопитающих. Таким образом, в печени и других аналогичных железистых органах по тем или другим причинам у организмов закладываются в эмбриональном состоянии металлоорганические комплексы. Что же касается металлоидов – I, Br, As,

В – и их соединений, то как будто бы нельзя подметить раннего их накопления в органах беспозвоночных. Они накапливаются в тканях некоторых беспозвоночных (по мере их развития) с ростом. Интересно, что концентрация I, Br и Cl имеет место у многих Coelenterata, Porifera, у некоторых Protozoa, Bryozoa (и частично у некоторых Vermes), которые, как правило, не концентрируют в своих органах тяжелые металлы (табл. 268).

Таблица 268
Металло- и металлоидоорганические и другие соединения,
найденные в морских организмах

Химические элементы	Соединения
Содержащие металлоиды: N, S, P, As, Si	
Азот	Во всех белках и других многочисленных соединениях во всех классах
Сера	То же
Фосфор	В нуклеопротеидах и других белках и различных соединениях фосфорной кислоты и органических веществ во всех классах
Мышьяк	Органические соединения (ближе не изученные), растворимые в жирах
Кремний	?
Содержащие галоиды: Cl, Br, I	
Хлор	Альционарий* и, вероятно, губки хлор содержат в виде соединений, аналогичных диодтирозину

Химические элементы	Соединения
Бром	Дибромтирозин альционарий, антипатид губок; диброминдиго Muricidae; броморганические соединения водорослей (ближе не изученные)
Иод	Диодтирозин альционарий, антипатид губок. Тироксин – гормон щитовидной железы рыб и других позвоночных
Содержащие легкие металлы: Mg, Ca	
Магний	Хлорофилл синезеленых и всех других водорослей и высших растений. В некоторых белках
Кальций	В некоторых белках, в виде солей органических кислот и т. д. во всех классах
Содержащие тяжелые металлы: Cu, Zn, Mn, Fe, Cd, Co, V	
Медь	В виде производных порфиринов – купропорфирина, уропорфирина и т. п. Гемокупреин красной крови высших; в оксидазах (полифенолаза и др.). Турацин в перьях птиц (из Musophagidae). Гемоцианин моллюсков, Crustacea, Arachnoidea, Xiphosura. В виде соединений с белковыми телами (особенно желез – печени и др.) во всех классах
Цинк	В виде соединений с белками (ближе не изученных), например: в яде змей, в грибах, во многих белках из печени низших и высших организмов; в крови, например, в виде так называемого сикотипина и т. п. В карбонатгидразе крови низших и высших
Марганец	В белках крови, печени многих Mollusca, Arthropoda; в аргиназе
Железо	В гемэритрине, хлорокруорине, эритрокруорине низших, в гемоглобине высших. Во многих белковых телах железистых органов низших и высших организмов
Кадмий	В белках печени Pecten**
Кобальт	В белках печени Mollusca
Ванадий	Ванадии – пигмент крови некоторых асцидий
* Ссылка на источник не дается; данные сообщения о соединениях хлора относятся к лишайникам и грибам.	
** Подтверждение, что кадмий в Pecten соединяется с белком, не дается. То же самое относится к кобальту в Mollusca.	

Число выделенных и изученных металлоорганических соединений из тканей различных организмов невелико и, конечно, составляет лишь небольшую долю того, что еще предстоит открыть в этой области.

Исключительный интерес представляет распределение в организмах тех металлоорганических комплексов, которые являются переносчиками кислорода, т. е. дыхательных пигментов. В настоящее время известны дыхательные пигменты, содержащие Fe, Cu и V. Наиболее распространенными среди современных организмов являются пигменты с Fe, затем пигменты с Cu. Эти дыхательные пигменты у различных Invertebrata находятся в различных состояниях. Они либо фиксированы в тканях организмов, либо растворены в плазме крови или в какой-либо другой жидкости тела, либо, наконец, находятся в специальных клетках, свободно взвешенных в плазме, целомической жидкости и т. п.

Наибольшим распространением пользуются, как мы уже сказали, дыхательные пигменты с Fe, а именно те, которые в основе своего строения имеют порфириновый комплекс (тетрапирролы). Схема строения пигментов типа гемоглобина и

гемоцианина может быть представлена следующим образом: эритрокруорин = [металл(Fe) + порфирин] + белок; гемоцианин = [металл(Cu) + активная (простетическая) группа] + белок.

Keilin (1925), а затем многими другими было показано, что так называемый цитохром (тканевой гемоглобин), имеющий универсальное распространение, находясь практически во всех органах как животных, так и растений, имеет порфириновое строение и содержит Fe; по-видимому, и многие так называемые окислительные ферменты – пероксидаза, каталаза и т. д. – относятся к этому роду тел. К ним же относится и хлорофилл растений, содержащий Mg, наконец, многие дыхательные Fe-содержащие порфириновые комплексы животных. Разнообразие порфиринов вызывается возможностью замены в боковых цепях тетрапиррола одного органического радикала другим. Таким образом, по-видимому, на фоне широкого распространения в тканях организмов стойких порфириновых комплексов возникли специализированные соединения: дыхательные пигменты типа гемоглобина высших животных, рыб и т. д. – эритрокруорин и хлоркруорин и, возможно, другие, еще не открытые дыхательные порфириновые комплексы у беспозвоночных.

Эволюция кровяных пигментов животных – одна из самых интересных проблем, разрабатываемых современной биохимией. Мы не можем здесь на ней останавливаться. Производные гемоглобина – различные порфириновые тела – были обнаружены в тканях (фиксированные) многих Protozoa, Porifera⁷, Coelenterata. Так, например, еще MacMunn (1885) указывал производные гемоглобина в тканях *Actinia*; Anson, Mirsky (1925a) и позже Roche (1936b) подтвердили их порфириновый характер. Однако о физиологической роли этих пигментов у названных организмов пока что можно лишь высказывать догадки.

На красный цвет крови червей *Lumbricus* впервые обратили внимание Carus (1824), Erman (1816), а на красный цвет крови *Planorbis* – Lankester (1871). Эти дыхательные пигменты в обоих случаях оказались Fe-содержащим порфирином + белок, так называемым эритрокруорином⁸, или гемоглобином низших, аналогом гемоглобина высших животных. Rollet (1861), Lankester (1871), MacMunn (1886), Griffiths (1890–1891), Halliburton (1891), а затем многими другими эритрокруорин был обнаружен далее в крови (и тканях) у низших Platyhelminthes, Aschelminthes, Nemertini, а также у Annelida, а именно у некоторых Chaetopoda (Polychaeta и Oligochaeta), Echiuroidea, Hirudinea. В таблице 269 приводим все эти данные⁹. Fischer и его сотрудники (1925) получили из эритрокруорина *Eisenia*, *Lumbricus* различные производные – порфирины, доказав родство этих пигментов с гемоглобином высших животных и хлорофиллом.

⁷ MacMunn (1886) указал на порфириновые комплексы с железом в ряде губок (спонгиопорфирин) *Leuconia gossei*, *Halichondriae*, *Hymeniacidon albescens*, *Cercitus bucklandi*, *Reniera rosea*.

⁸ Keilin, Hartree (1951) высказывали веские основания для отказа от термина «эритрокруорин», но, когда данная монография А.П. Виноградова была опубликована в 1953 г. на английском языке в New Haven^е, термин был сохранен.

⁹ К этому можно добавить, что порфириновые комплексы были обнаружены, кроме того, например, Derrien у *Tetrahydrium* (личинки Cestodes), *Cysticerca taenia* и т. д.

Таблица 269
Распространение дыхательных пигментов у Invertebrata

А. Железосодержащие пигменты*

Вид	Пигмент	Состояние	Изучен
Vermes			
Platyhelminthes			
<i>Derostoma</i> sp.	Эритрокруорин	–	Mosely, 1874
<i>Syndesmis</i> sp.	«	–	Prenant, 1922
Aschelminthes			
<i>Ascaris</i> sp.	«	–	Keilin, 1925
Nemertini			
<i>Drepanophorus</i> sp.	«	–	Hubrecht, 1874
<i>Polia sanguilabra</i>	«	–	Тот же
<i>Meckelia</i> (?) sp.	«	–	Lankester [sic]
<i>Amphiporus splendens</i>	«	–	Hubrecht, 1874
<i>Borlasia splendida</i>	«	–	Тот же
Annelida**			
Chaetopoda (Polychaeta)			
<i>Aphrodite aculeata</i>	«	–	Lankester, 1873
<i>Glycera convoluta</i>	«	–	Lankester, 1873; Roche, 1936c
<i>Glicera goesii</i>	«	В клетках	Svedberg, 1933
<i>Glicera siphonostoma</i>	«	«	Winterstein, 1909; Redfield, 1933
<i>Capitella</i> sp.	«	–	Redfield, 1933
<i>Capitella capitata</i>	«	–	Eisig, 1887
<i>Polycirrus haematodes</i>	«	–	Lankester [sic]
<i>Nereis virens</i>	«	В растворе	Svedberg, 1933
<i>Lumbrinereis fragilis</i>	«	«	Тот же
<i>Phyllodoce mucosa</i>	«	«	Raphael, 1937
<i>Arenicola marina</i>	«	«	Vlès, 1923; Krukenberg, 1881–1982; Lankester, 1871; Svedberg, Hedenius, 1934; Pedersen, 1933; Roche, 1936c; Preyer, 1866; Barcroft, Barcroft, 1924; Borden, 1930; Fox, 1926
<i>Cirratulus</i> sp.	«	«	Lankester, 1871
<i>Eumenia crassa</i>	«	В растворе	Svedberg, 1933
<i>Pectinaria belgica</i>	«	«	Тот же

Таблица 269 (продолжение)

Вид	Пигмент	Состояние	Изучен
<i>Polymnia nebulosa</i>	«	«	«
<i>Notomastus latericius</i>	«	«	«
<i>Terebella lapidaria</i>	«	В растворе	Lankester, 1871
<i>Travisia forbesii</i> [sic]	«	«	Lankester, [sic]
<i>Eunice</i> sp. <i>Sabella pavonina</i> (Serpulidae)	Хлорокруорин	В растворе	Тот же Milne-Edwards, 1837; Griffiths, 1892c; Svedberg, 1933; Fox, 1946 Krukenberg, 1881–1882; Fox, 1926; Roche, Fox, 1923, 1923; Fischer, Seemann, 1936; Warburg, Negelein, 1932; Warburg, Negelein, Haas, 1930; Svedberg, 1933
<i>Sabella</i> (= <i>Spirographis</i>) <i>spallanzanii</i>	Хлорокруорин	В растворе	«
<i>Serpula contortuplicata</i> (= <i>vermicularis</i>) <i>Siphonostoma</i> (= <i>Flagelligera</i>) sp.	«	«	Svedberg, 1933 Lankester, 1871; Redfield, 1933
<i>Chloroema edwardsii</i>	«	–	Dujardin, 1839
<i>Brada villosa</i>	«	–	Svedberg, 1934
<i>Branchiomma</i> sp.	«	–	Krukenberg, 1881–1882; Lankester, 1870
<i>Marphysa sanguinea</i>	«	В растворе	Vlès, 1923
<i>Eudistylia gigantia</i>	«	«	Crescitelli, 1945
<i>Magelona papillicornis</i>	Гемеритрин	В клетках	Benham, 1897
C h a e t o p o d a (O l i g o c h a e t a)			
<i>Lumbricus terrestris</i>	Эритрокруорин	В растворе	Nawrocki, 1867; Rollet, 1861; Dolk, Paauw, 1929; MacMunn, 1886; Svedberg, 1933; Roche, 1936; Schwarz, 1920; Griffiths, 1890–1891; Preyer, 1871
<i>Eisenia</i> (<i>Allolobophora</i>) <i>foetida</i>	«	–	Zielinska, 1913; Svedberg, 1938; Fischer, Schaumann, 1923
<i>Pheretima communissima</i>	«	–	Kobayashi, 1936
<i>Pheretima hilgendorfi</i>	«	–	Тот же
<i>Tubifex</i> sp.	«	–	Kobayashi, 1928
<i>Nais</i> sp.	«	–	Lankester, 1871
<i>Chaetogaster</i> sp.	«	–	Тот же
<i>Lumbriculus</i> sp.	«	–	«
<i>Enchytraeus</i> sp.	«	–	«

Таблица 269 (продолжение)

Вид	Пигмент	Состояние	Изучен
<i>Limnodrilus</i> sp.	«	–	«
Hirudinea			
<i>Hirudo officinalis</i>		–	Cuénot, 1891
<i>Haemopis sanguisuga</i>		–	Svedberg, 1933
<i>Nephele</i> (= <i>Herpobdella</i>) sp.		–	Lankester, 1871
Echiuroidea			
<i>Urechis caupo</i>	Эритрокруорин	В клетках	Redfield, Florkin, 1931; Baumberger, Michaelis, 1931; Fischer, MacGinitie, 1928a, b
<i>Thalassaema neptuni</i>	«	–	Lankester, 1871
<i>Hamingia</i> (?) sp.	«	–	Тот же
<i>Bonellia viridis</i>	«	–	Dhéré, 1909
Sipunculoidea			
<i>Sipunculus nudus</i>	Гемеритрин	В клетках	Winterstein, 1909; Griffiths, 1892d; Krukenberg, 1881–1882; Florkin, 1933; Roche, 1934; Marrian, 1927
<i>Sipunculus gouldii</i>	«	«	Andrews, 1890
<i>Phascolosoma vulgare</i>	«	–	Redfield, 1933; Schwalbe, 1869; Svedberg, 1934
<i>Phascolosoma elongatum</i>	«	–	Marrian, 1927
Priapuloida			
<i>Priapulid</i> sp.	Гемеритрин	В плазме	Fänge, 1950
Brachiopoda Inarticulata			
<i>Lingula unguis</i>	Гемеритрин	В клетках	Kawaguti, 1941
Phoronidea			
<i>Phoronis</i> sp.	Эритрокруорин	В клетках	Lankester, 1873; Krukenberg, 1881–1882
Mollusca Amphineura			
<i>Neomeniidae</i> (<i>Solenogastres</i>)	Эритрокруорин	В клетках	Wiren, 1892
<i>Chaetoderma</i>	«	В плазме	Тот же
Lamellibranchiata			
<i>Arca trapezia</i> <i>Arca inflata</i>	Эритрокруорин	В клетках	Tenison-Woods, 1888
<i>A. subcrenata</i>	«	«	Kawamoto, 1928; Sato, 1931
<i>Arca tetragona</i>	«	«	Knoll, 1893; Cuénot, 1891

Таблица 269 (продолжение)

Вид	Пигмент	Состояние	Изучен
<i>Arca pexata</i>	«	«	Svedber, Hedenius, 1934
<i>Arca barbata</i>	«	«	?
<i>Arca lactea</i>	«	«	?
<i>Arca noae</i>	«	«	Griesbach, 1891
<i>Solen legumen</i>	«	«	Lankester, 1873; Griesbach, 1891
<i>Solen ensis</i>	«	«	?
<i>Solen cultellus</i> и др.***	«	«	Tenison-Woods, 1888
<i>Cardita aculeata</i>	«	–	Criesbach, 1891
<i>Cardita sulcata</i>	«	В плазме	Knoll, 1893; Winterstein, 1909; Paladino, 1909
<i>Pectunculus violacescens</i>	«	В клетках	Winterstein, 1909
<i>Pectunculus poel</i>	«	«	Cuénot, 1901–1902
<i>Capsa fragilis</i> (Gastrand)	«	«	Knoll, 1893
<i>Tellina planata</i>	«	«	Griesbach, 1891; Knoll, 1893
<i>Solecurtus</i> sp.	«	«	Knoll, 1893
<i>Poromya granulata Anadara</i>	«	«	Griesbach, 1891
(см. <i>Arca inflata</i>) sp.	«	«	–
Gastropoda			
<i>Planorbis corneus</i>	Эритрокруорин	В плазме	Williams, 1886–1888; Velichi, 1900; Sorby, 1876; Jordan, 1925; Lankester, 1871; Leitch, 1916; Wolvekamp, 1931; MacMunn, 1886; Svedberg, 1934; Pedersen, 1933; Krukenberg, 1881–1882; Borden, 1930
<i>Planorbis communis</i>	«	«	Svedberg, 1933
<i>Bulinus contortus</i>	«	«	Annandale, 1922
<i>Camptoceras lineatus</i>	«	«	Тот же
<i>Isidorella pyramidata</i>	«	«	Quick, 1933
<i>Isidorella gibbosa</i>	«	В клетках	Fox, 1945
Echinodermata Holothurioidea			
<i>Cucumaria plancei</i>	Эритрокруорин	–	Vlès, 1923; Guénot, 1891; Howell, 1885a, b; Griffiths, 1892
<i>Cucumaria frauenfeldi</i>	«	В клетках	Van der Lingen, Hogben, 1928
<i>Cucumaria miniata</i>	«	–	Crescitelli, 1945
<i>Cucumaria intermedia</i>	?	–	Тот же
<i>Molpadia raretzii</i>	«	–	Kobayashi, 1932

Таблица 269 (продолжение)

Вид	Пигмент	Состояние	Изучен
<i>Thyone briar eus</i>	«	–	Svedberg, 1934; Dawson, 1933
<i>Thyone</i> sp.	«	–	Cuénot, 1891
<i>Thyonella gemmata</i>	Эритрокруорин	–	Howell, 1885a, b; Foettinger, 1880; Preyer, 1871; Krukenberg, 1881–1882
<i>Caudina chilensis</i> (<i>Molpadia</i>)	«	–	Kawamoto, 1928
Ophiuroidea			
<i>Ophiactis virens</i>	«	–	Foettinger, 1880
Arthropoda			
Crustacea (Entomostraca)			
<i>Daphnia pulex</i>	Эритрокруорин	В растворе	Lankester, 1873; Svedberg, 1934; Fox, 1948****
<i>Daphnia magna</i>	«	«	Fox, 1948
<i>Daphnia obtusa</i>	«	«	Тот же
<i>Chirocephalus diaphanus</i>	«	«	Lankester, 1873
<i>Lernaeocera branchialis</i>	«	«	Fox, 1945
<i>Lernanthropus</i> sp.	«	«	Beneden, 1880; Fox, 1945
<i>Clavella</i> sp.	«	«	Beneden, 1880
<i>Artemia</i> sp.	«	«	Lochhead, Lochbead, 1941
<i>Lepidurus productus</i>	«	«	Regnard, Blanchard, 1883
<i>Lepidurus concriformis</i>	«	«	Те же
<i>Congericola</i> sp.	«	«	Beneden, 1880
<i>Cypris</i> sp.	«	«	Regnard, Blanchard, 1883
<i>Septosaccus cuénoti</i>	«	«	Pères, Bloch-Raphaël, 1947
<i>Athelges</i> sp.	«	«	Svedberg, 1934
Insecta			
<i>Chironomus plumosus</i>			
Diptera *****	Эритрокруорин	В растворе	Lankester, 1872; Leitch, 1916; Svedberg, 1934
<i>Gastrophilus</i>	«	В цитоплазме трахеальных клеток особого органа	Kemnitz, 1916
<i>Anisops productus</i> (Hemiptera)*****	Эритрокруорин	В цитоплазме трахеальных клеток особого органа	Poisson, 1926

Таблица 269 (продолжение)

Вид	Пигмент	Состояние	Изучен
<i>Buenoa</i> sp. (Hemiptera)	«	То же	Hungerford, 1922
<i>Corixa punctata</i> (Hemiptera)	«	В придаточной железе половых органов ♂	Brindley, 1929
Vertebrata			
<i>Myxine glutinosa</i> (Cyclostomata)	Эритрокруорин	В клетках	Svedberg, 1933
	Гемоглобин	«	—
Pisces Mollusca Amphineura			
<i>Tonicella marmorea</i>	Гемоцианин	—	Svedberg, Hedenius, 1934
<i>Cryptochiton stelliri</i>	«	—	Severy, 1923
<i>Chiton</i> sp.	«	—	Leydig, 1885
Lamellibranchiata			
<i>Mytilus edulis</i>	«	—	Griffiths, 1890–1891
<i>Pecten</i> sp.	«	—	Тот же
<i>Anodonta</i>	«	—	«
<i>Unio</i> sp.	«	—	«
<i>Mya</i> sp.	«	—	«
<i>Pholas</i> sp.	«	—	«
Gastropoda			
<i>Cassidaria</i> sp.	«	—	Krukenberg, 1881–1882; Kawamoto, 1928
<i>Fissurella</i> sp.	«	—	Тот же
<i>Haliotis</i> sp.	«	—	
<i>Haliotis lamellosa</i>	«	—	Schmidt, 1920; Cuénot, 1891
<i>Helix pomatia</i>	«	В растворе	Pantin, Hogben, 1925; Stedmann, Stedmann, 1929; Frédéricq, 1879; Dhéré, 1919a, c; Dubois, 1900; Burdel, 1922; Roche, 1936; Begemann, 1924; Hernler, Philippi, 1930
<i>Helix arbustorum</i>	«	«	Svedberg, Hedenius, 1934
<i>Helix nemoralis</i>	«	«	Те же

Таблица 269 (продолжение)

Вид	Пигмент	Состояние	Изучен
<i>Helix hortensis</i>	«	«	
<i>Helix aspersa</i>	«	«	
	«	«	Roche, 1936
<i>Helix pisana</i>	«	«	Svedberg, 1933
<i>Murex brandaris</i>	«	«	Griffiths, 1905; Krukenberg, 1881–1882
<i>Turbo</i> sp.	«	«	Krukenberg, 1881–1882
<i>Sycotypus canaliculatus</i>	«	«	Kuhn, Hand, Florkin, 1931; Svedberg, Hedenius, 1934; Redfield, Coolidge, Montgomery, 1928
<i>Limnaea peregra</i>	Гемоцианин	–	Löhner, 1924
<i>Limnaea stagnalis</i>	«	В растворе	Svedberg, Hedenius, 1934
<i>Physa fontinalis</i>	«	–	Löhner, 1924
<i>Neptunea antiqua</i>	«	В растворе	Svedberg, 1934
<i>Buccinum undatum</i>	«	«	Тот же
<i>Triton nodiferum</i>	«	–	Couvreur, 1900, 1902
<i>Paludina vivipara</i>	«	В растворе	Svedberg, Hedenius, 1934; Leydig, 1885
<i>Paludina contecta</i>	«	«	Svedberg, Hedenius, 1934
<i>Littorina littorea</i>	«	«	Те же
<i>Limnaea stagnalis</i>	«	«	«
<i>Achatina fulva</i>	«	«	«
<i>Agriolimax agrestis</i>	«	«	«
<i>Limax maximus</i>	«	«	«
<i>Arion ater</i>	«	«	«
<i>Arion subfuscus</i>	«	–	«
<i>Arion empiricorum</i>	«	–	«
<i>Hydrobia</i> sp.	«	–	Leydig, 1885
<i>Ancylus</i> sp.	«	–	Тот же

Таблица 269 (продолжение)

Вид	Пигмент	Состояние	Изучен
Cephalopoda			
<i>Octopus vulgaris</i>	Гемоцианин	–	Laporta, 1932; Schmitz, 1931a; Quagliariello, 1920; Roche, 1936c; Frédéricq, 1878c; Dhéré, 1900; Griffiths, 1905; Henze, 1901b; Roche, 1930; Vlès, 1913; Svedberg, Hedenius, 1934; Hernler, Philippi, 1933; Craifaleanu, 1918; Coutreles
<i>Sepia officinalis</i>	«	–	Svedberg, Hedenius, 1934; Krukenberg, 1881–1882; Griffiths, 1892; Burdel, 1922; Roche, 1936
<i>Sepioloa oweniana</i>	«	–	Svedberg, Hedenius, 1934
<i>Eledone moschata</i>	«	–	Krukenberg, 1881–1882
<i>Eledone cirrosa</i>	«	–	Svedberg, 1934; Roche, 1936c; Svedberg, 1934
<i>Loligo sp.</i>	«	–	Krukenberg, 1881–1882; Griffiths, 1915
<i>Loligo pealei</i>	«	–	Hernler, Philippini, 1933; Redfield, Coolidge, Montgomery, 1928; Henze, 1901a
<i>Loligo vulgaris</i>	«	–	Svedberg, Hedenius, 1934
<i>Rossia oweni</i> (= <i>macrosoma</i>)	«	–	Те же
Arthropoda Arachnoidea			
<i>Scorpio sp.</i>	«	–	Lankester, 1884
<i>Euseorpius carpatiens</i>	«	–	Svedberg, Hedenius, 1934; Griffiths, 1897
<i>Epeira sp.</i>	«	–	Тот же
<i>Tegenaria sp.</i>	«	–	«
Crustacea			
<i>Homarus americanus</i> (= <i>H. vulgaris</i>)	«	–	Redfield, Coolidge, Montgomery, 1928; Dhéré, 1909; Griffiths, 1892a; Svedberg, Hedenius, 1934; Hernler, Philippi, 1933; Stedmann, Stedmann, 1927; Frédéricq, 1879
<i>Potamobius fluviatilis</i>	«	–	Dhéré, 1900; Burdel, 1922; Griffiths, 1897; Griesbach, 1891; Krukenberg, 1881–1882; Svedberg, Hedenius, 1934
<i>Carcinus moenas</i>	«	–	Jolyet, Regnard, 1877; Dhéré, 1903; Griffiths, 1890–1891; Svedberg, Hedenius, 1934; Roche, 1936c
<i>Nephrops sp.</i>	«	–	Halliburton, 1891
<i>Nephrops norvegicus</i>	«	–	Svedberg, Hedenius, 1934
<i>Eriphia spinifrons</i>	«	–	Krukenberg, 1881–1882

Таблица 269 (продолжение)

Вид	Пигмент	Состояние	Изучен
<i>Squilla mantis</i>	«	–	Krukenberg, 1881–1882; Burdel, 1922; Svedberg, Hedenius, 1934
<i>Maja squinado</i>	«	–	Roche, 1936c; Krukenberg, 1881–1882; Dhéré, 1903; Burdel, 1922; Svedberg, Hedenius, 1934
<i>Libinia emarginata</i>	«	–	Redfield, Coolidge, Montgomery, 1928
<i>Ovalipes ocellatus</i>	«	–	Те же
<i>Cancer borealis</i>	«	–	«
<i>Cancer pagurus</i>	«	–	Dhéré, 1903; Griffiths, 1890–1891
<i>Palinurus vulgaris</i>	Гемоцианин	–	Phillips, 1917; Burdel, 1922; Dhéré, 1900; Griffiths, 1890–1891; Dubois, 1901; Svedberg, Hedenius, 1934
<i>Callinectes sapidus</i>	«	–	Redfield, Coolidge, Montgomery, 1928
<i>Paralithodes camtschatica</i>	«	–	Matsui, 1916b
<i>Pandalus borealis</i>	«	–	Svedberg, Hedenius, 1934
<i>Palaemon fabricii</i>	«	–	Те же
<i>Pagurus striatus</i>	«	–	«
<i>Eupagurus bernhardus</i>	«	–	«
<i>Hyas araneus</i>	«	–	«
<i>Chiridothea entomon</i>	«	–	«
<i>Calvearis maeandrea</i>	«	–	«
<i>Dromia vulgaris</i>	«	–	Roche, 1936c
		Xiphosura	
<i>Limulus polyphemus</i>	«	–	Lankester, 1881; Conant, Humphry, 1930; Alsberg, 1914; Redfield, Coolidge, Montgomery, 1928; Svedberg, Hedenius, 1934; Barcroft, 1928; Hernler, Philippi, 1933; Roche, 1930; Redfield, Coolidge, Shotts, 1928; Mitchel, Hamilton, 1929; Clowe, 1910

В. Содержание V в крови и теле *Ascidia*

Phlebobranchiata			
	В ванадоцитах	В вагоцитах	
<i>Ascidia mentula</i>	«	«	Henze, 1913a; Azéma, Pied, 1930; Cantacuzène, Tschekirian, 1932; Webb, 1939
<i>Ascidia mentula</i> var. <i>rudis</i>	«	«	Webb, 1939
<i>Ascidia mammillata</i>	«	«	Henze, 1911; Webb, 1939

Таблица 269 (продолжение)

Вид	Пигмент	Состояние	Изучен
<i>Ascidia fumigata</i>	«	«	Henze, 1911; Azéma, Pied, 1930; Cantacuzène, Tschekirian, 1932; Webb, 1939
<i>Ascidia obliqua</i>	«	«	Виноградов, 1930в
<i>Ascidia atra (nigra)</i>	«	«	Hecht, 1918; Fulton, 1922; George, 1930a, b
<i>Ascidia hygomiana</i>	«	«	George, 1930a
<i>Ascidia conchilega</i> var. <i>depressa</i>	«	«	Webb, 1939
<i>Ascidia prunum</i>	–	7*	Виноградов, 1938
<i>Ascidiella aspersa</i>	–	7*	Виноградов, 1930в; Cantacuzène, Tschekirian, 1932; Webb, 1939
<i>Ascidiella scabra</i>	–	7*	Webb, 1939
<i>Perophora viridis</i>	«		George, 1926
<i>Perophora bermudensis</i>	«		George, 1939
<i>Ecteinascidia turbinata</i>	«		George, 1930a, b
<i>Ecteinascidia minuta</i>	«		George, 1939
<i>Ecteinascidia conklinitypica</i>	«		Тот же
<i>Ciona intestinalis</i>	–	7*	Henze, 1913a; Виноградов, 1932; Cantacuzène, Tschekirian, 1932; Webb, 1939; I. и W. Noddack, 1939
<i>Chelyosoma macleayanum</i>	–	7*	Виноградов, 1932
<i>Chelyosoma siboja</i> *****	–	*****	Ohuye, 1936
<i>Diazona violacea</i>	–	*****	Henze, 1913a
	Aplousobranchiata		
<i>Distoma crystallinus (Polycitor)</i>	–	*****	Виноградов, 1938
	Stolidobranchiata		
<i>Botrylloides schlosseri</i>	–	*****	Виноградов, 1932, 1934
<i>Botrylloides leachi</i>	–	*****	Cantacuzène, Tschekirian, 1932; Azéma, Pied, 1930; Webb, 1939
<i>Stylopsis (Dendrodoa) grossularia</i>	–	*****	Cantacuzène, Tschekirian, 1932; Виноградов, 1934; Webb, 1939

* Fox (1949a) указал на присутствие хлорокруорина в следующих Serpulimorpha, Serpulidae: *Hydroides norvegica*, *H. uncinata*, *Vermiliopsis infundibulum*, *Pomatoseros triqueler*, *Filograna implexa*, *Salmacina incrustans*, *Protula tubularia*, *P. intestinum*, *Apomatus similis*, *A. ampulliferus*, *Spirorbis borealis*. Myxicolidae: *Myxicola infundibulum*, *M. aesthetica*. Sabellidae: *Sabela pavonina*, *S. spallanzanii*, *Potamilla reniformis*, *P. stichophthalmus*, *Branchioma vesiculosum*, *Dasychone bombyx*, *D. lucullana*, *Amphiglena mediterranea*, *Dialychone acoustica*. Некоторые роды Ampharetidae имеют зеленую кровь и также могут содержать пигмент. В *Spirorbis*, хотя *S. borealis* имеет хлорокруорин, *S. corrugatus* – гемоглобин, а *S. militaris* – нет. Fox далее дает важные данные по содержанию гемохромогенов в кишках Serpulimorpha и в *Palycirrus* о нахождении гемов в трубке *Sabella*. *Potamilla* имеет гемоглобин в мускулах, а хлорокруорин – в крови.

- ** См. также в крови и теле *Ascidiae* (гл. XVII, № 2).
 *** Из Австралии.
 **** Fox нашел специфические различия в пигментах *D. magna*, *D. pulex* и *D. obtula*: синтез пигмента может быть вызван низким давлением кислорода; α -диапазон оксиэритрокруарина может быть примерно 5766 в *D. magna*, 5764 в *D. pulex* и 5761 Å в *D. obtula*.
 ***** Также многие другие виды, живущие в среде с недостатком кислорода.
 ***** Самое разумное объяснение для эритрокруринового органа, обнаруженного в этом и следующих родах, является поддержание давления в пузырьке вокруг насекомого, что обеспечивает плавучесть последнего.
 ***** Возможно, и в *Corella japonica*.
 ***** Указывает, что ванадий обнаружен в теле и в крови, но не установлено, в каких именно клетках крови он находится.

Таблица 270
Химический элементарный состав пигментов крови Invertebrata

Вид, пигмент	C	H	N	O	S	Металл
Гемоглобин						
Высшие животные	53.8	7.3	16.2	–	0.59	0.33 Fe
Эритрокруорин						
<i>Lumbricus terrestris</i>	53.91	7.10	–	–	0.41	0.39 Fe
Хлорокруорин						
<i>Spirographis spallanzanii</i>	47.2	7.3	15.4	–	2.6	1.2 Fe
Гемоцианин						
<i>Octopus vulgaris</i>	52.7	6.8	15.75	–	1.19	0.26 Cu
<i>Busycon canaliculatus</i>	53.5	6.6	15.90	–	1.33	0.24 Cu
<i>Homarus americanus</i>	53.0	6.8	16.78	–	0.98	0.18 Cu
<i>Limulus polyphemus</i>	53.4	6.9	16.90	21.53	1.10	0.17 Cu
Гемеритрин						
<i>Sipunculus nudus</i>	53.72	6.56	16.70	–	1.79	1.02 Fe
Ванадин						
<i>Ascidia</i> sp.	–	–	10.16	–	–	5.5 V

Гемоглобин (или его аналоги) найдены были также фиксированными в тканях и других *Vermes*, например, в нервной ткани *Aphrodite*, *Nemertini* и др. Эритрокруорин находится и в крови *Phogonoidea*. Другим близким аналогом гемоглобина является так называемый хлорокруорин – дыхательный пигмент некоторых червей, имеющий зеленый цвет. Он был найден Fox (1926) и изучен Roche (1936с) и др. Он встречается у червей из *Annelida* в семействах *Serpulidae*, *Sabellidae*¹⁰ и *Chlorhaemidae*. Хлорокруорин также содержит порфириновый комплекс и Fe. В таблице 270 приведен химический элементарный состав различных дыхательных пигментов.

¹⁰ Fox (1946) указывал на специфические или даже качественные различия в абсорбционном спектре хлорокруоринов у различных видов рода *Sabella*.

Благодаря Fischer (1925) и его сотрудникам, а затем работам Redfield (1933), Roche (1936c), Swedberg (1933) и многих других стало известно, что, во-первых, различные дыхательные, порфириновые и другие пигменты обладают различными физико-химическими свойствами, например, степенью диссоциации их кислородных соединений, молекулярным весом или кислородной емкостью, а именно в:

хлорокруорине	на	1 Fe	приходится	2 O
гемоглобине	«	1 Fe	«	2 O
эритрокруорине	«	1 Fe	«	2 O
гемеритрине	«	3 Fe	«	2 O
гемоцианине	«	1 Cu	«	1 O

и, во-вторых, что одни и те же пигменты в пределах отдельных семейств и родов несколько различаются между собой как по химическому элементарному составу, так и по физическим свойствам.

В крови большинства *Mollusca* преобладает другой пигмент – гемоцианин, к которому мы еще вернемся; гемоглобин же (эритрокруорин) в крови *Mollusca* встречается как некоторое исключение. Он находится в крови в качестве дыхательного пигмента в видах рода *Planorbis* (из *Gastropoda*), за исключением видов *P. albus* и *P. nautilus*, в плазме, затем среди видов *Bullinus*, *Camptoceras*; среди *Lamellibranchiata* в видах из семейств главным образом *Solenidae*, затем *Arcidae*, *Tellenidae*, *Astartidae* и др.; у *Amphineura* среди видов из *Neomeniidae* и др. Среди *Cephalopoda* видов с эритрокруорином в крови нет. Таким образом, эритрокруорин возник или сохранился у *Mollusca* только, так сказать, небольшими островками. Но между тем различные гомологи порфиринов были обнаружены у очень многих *Mollusca* в их тканях. Так, например, еще MacMunn (1886), Lankester (1871), Cuénot (1891), а затем Dhéré, Baumeler (1928) и другие выделили порфирины из тканей многочисленных *Mollusca* из глоточной мускулатуры, радулы и из тканей *Gastropoda* – *Pulmonata*, *Viviparus*, *Arion empiricorum*, *Limax*, *Limnaea*, *Patella*, *Littorina*, *Paludina*, *Ancylus*, *Hydrobia*, *Chiton*, *Aplysia* и т. д. Fischer, Kögl (1923) выделили из раковины многих *Mollusca* конхопорфирин; Anson, Mirsky (1925b), Dhéré (1909) и Vegezzi (1916) считают, что *helioerugin*, выделенный Sorby из печени ряда *Helicidae*, также принадлежит к телам порфириновой серии. Наконец, необходимо отметить, что гемоглобин особенно часто находится в тканях у тех *Mollusca* (в глоточном мускуле, в нервных узлах и других, как мы указывали выше), которые известную часть времени существуют вне воды (например, литторальные *Gastropoda*, как морские, так и пресноводные) и у которых, по-видимому, этот гемоглобин содержит резерв кислорода. Ко всему этому следует еще заметить, что все эти случаи, о которых мы только что говорили, относятся к *Mollusca*, в крови которых в качестве дыхательного пигмента находится гемоцианин.

Среди *Arthropoda* эритрокруорин имеется в крови всех так называемых низших раков *Branchiopoda*, *Copepoda*, *Ostracoda* (пигмент этих беспозвоночных изучен менее других) и в крови и тканях очень немногих из насекомых (см. табл. 269). К этому можно было бы добавить, что порфириновые тела были обнаружены в тканях некоторых насекомых (например, домашней мухи и др.). Kirmann (1930) получил различные производные порфиринового ряда из эритрокруорина *Chironomus*. И здесь, как и среди *Mollusca*, дыхательная функция эритрокруорина у некоторых известных нам *Arthropoda* начинает действовать лишь при известных условиях, например, при низком парциальном давлении O_2 в среде.

В крови *Echinodermata*, по-видимому, встречается только один дыхательный пигмент типа эритрокруорина. Давно были обнаружены в тканях *Echinodermata*

(MacMunn, 1886) производные гемоглобина. Ныне Vlès (1923); Kawamoto (1928); Lingen, Hogben (1928); Kobayashi (1932) доказали, как нам кажется, что все найденные кровяные дыхательные пигменты Echinodermata порфириновой серии содержат Fe.

Наконец, мы должны отметить, что гемоглобин Cyclostomata, по Svedberg (1933) и др., по своим физико-химическим свойствам напоминает больше эритрокруорин беспозвоночных. Мы указали выше все случаи нахождения порфириновых комплексов, производных гемоглобина, в качестве дыхательных пигментов, переносчиков кислорода, а также частично нахождение гомологов порфирина в тканях. Помимо этого, ныне известно большое число производных порфиринового обмена у высших животных. Часть их выбрасывается как конечные или промежуточные продукты, другая часть находит место в побочном физиологическом обмене животных. Так, например, наиболее известен так называемый турацин – пигмент перьев птиц некоторых видов Musophagidae (по крайней мере 8 видов: *Turacus*, *Musophaga rossae*, *Gallires porphyreolophus*, *Ruwenzorornis j. johnstoni*)¹¹. Медь также известна в золе зеленых крыльев австралийского попугайчика *Melopsittacus undulatus* (Lipton, 1873). Турацин оказался порфирином, а именно медной солью¹² уропорфирина. Laidlaw (1904) удалось его синтезировать. Подобные пигменты (но без металла) встречаются в скорлупе яиц птиц и т. д.

Okahara (1925) указал амбропорфирин из амбры кашалота. Далее уропорфирин, копропорфирин и другие гомологи выбрасываются Vertebrata с мочей. И чтобы закончить наш краткий обзор распространения порфириновых тел в организмах, напомним, что они легко переходят в биогенные отложения¹³. Главным источником их является, очевидно, хлорофилл. Но не исключена возможность и нахождения производных животных пигментов порфиринового ряда. Treibs (1936) их нашел в углях, нефтях и других битумах, илах и т. п.¹⁴ Некоторые из них (например, в нефтях) представлены Fe- и V-порфириновыми комплексами, которые, как нам кажется, возникли здесь вторично (об этом см. ниже).

Кроме гемоглобина, эритрокруорина и хлорокруорина, известен еще четвертый, содержащий Fe дыхательный пигмент – гемеритрин. Однако этот пигмент не имеет порфиринового строения и ближе по химическому составу к гемоцианину – дыхательному пигменту, содержащему Cu. В обоих пигментах металл связан с активной (протетической) группой (небелкового характера), в свою очередь связанной с белковой молекулой. Гемеритрин был обнаружен Krukenberg (1881–1882) у *Sipunculus nudus* (из Annelida) и у других Sipunculoidea. Fänge (1950) нашел пигмент в *Priapulul*. После гемоглобина и эритрокруорина наиболее широко распространен гемоцианин. Химический характер активной (или протетической) группы этого пигмента еще не вполне выяснен. О содержании соединения с Cu в крови Mollusca и Crustacea¹⁵ догадывался еще Harles. Frédéricq (1879) называл этот дыхательный пигмент гемоцианином по голубой окраске крови у этих организмов.

В настоящее время гемоцианин различных организмов был детально изучен Dhéré (1919a–c); Roche (1934); Redfield (1933) и многими другими. Были получены кристаллические препараты активной (протетической) части пигмента, так назы-

¹¹ См. Rimington (1919).

¹² См. то же у бактерий.

¹³ Тетрапирролы – более стойкие соединения, чем трипирролы или дипирролы.

¹⁴ Производные хлорофилла – desoxophyllerythrin и desoxophyllerythro-etiorporphirin.

¹⁵ См. Harles (1847), рассматривающего состав медных соединений в их крови.

ваемый гемокуприн (без белка). По данным Conant и его сотрудников, в гемокуприне содержится 14.2% Cu, а по Phillipi (1919) – от 6.3–7% Cu в аналогичном препарате. Гемоцианин находится в крови групп Mollusca и Arthropoda. За небольшими исключениями, о которых мы говорили выше, в крови Lamellibranchiata и Gastropoda содержится гемоцианин. У всех Cephalopoda без исключения в крови содержится гемоцианин. Cephalopoda в 3–4 раза больше содержат гемоцианина в крови, чем другие Mollusca и Arthropoda. Кислородная емкость крови поэтому у них наибольшая среди других беспозвоночных с гемоцианиновой кровью. Гемоцианин всех Arthropoda содержит 0.17% Cu, тогда как Mollusca – 0.25%, а мы знаем, что кислородная емкость гемоцианина зависит от количества Cu в пигменте.

Таким образом, у Mollusca на фоне порфиринового обмена, о котором мы уже говорили, возникла и широко среди них распространилась гемоцианиновая дыхательная функция, получившая наиболее совершенный вид у Cephalopoda. Возникла ли эта функция первично у определенных древних форм Mollusca (скажем, у Cephalopoda) или вторично, сменив гемоглобиновую дыхательную систему, сказать трудно. Но, несомненно, гемоглобиновая дыхательная функция у некоторых современных видов Mollusca успела сменить прежнюю гемоцианиновую и, может быть, возникает у некоторых из них и сейчас. Так, мы знаем, например, что *Planorbis*, Lamellibranchiata, Amphineura, имеющие эритрокуарин в крови, – виды, быть может, молодые, а раковины их встречаются в пластах не старше триаса.

Среди Arthropoda гемоцианин находится в крови всех так называемых высших раков – Malacostraca Stomatopoda, Schizopoda, Decapoda, Amphipoda, Isopoda и т. д. Не исследован характер крови Nebaliidae. Xiphosura, очевидно, все имели гемоцианиновую кровь, поскольку сохранившийся доньне *Limulus polyphemus* имеет в крови гемоцианин. Очень вероятно, что и Gigantostacra содержали в крови гемоцианин. Что же касается Trilobita, то пока нет никаких оснований для решения в ту или иную сторону этого вопроса. Обычно же склоняются к тому, что в их крови был более «древний» гемоцианин. Наконец, гемоцианин находится в крови Arachnoidea, по-видимому, у всех, что, однако, еще не доказано. Гемоцианин Malacostraca и Xiphosura содержит 0.17% Cu. Количественное содержание Cu в гемоцианине Arachnoidea неизвестно; вероятно, Cu в гемоцианине Arachnoidea содержится столько же, сколько у первых двух групп¹⁶ организмов.

Распространение гемоцианина и гемоглобина среди Arthropoda более дифференцированное, чем у Mollusca. Здесь нет вкраплений среди семейств с гемоцианиновой кровью – видов с гемоглобиновой кровью.

Здесь можно было бы поставить тот же вопрос: каким путем возникли гемоцианиновая и гемоглобиновая функции у Arthropoda? Возникли ли они параллельно или сменили одна другую?

Подытоживая наши знания о распространении этих двух пигментов, можно было бы сказать, что гемоцианиновая функция возникла у беспозвоночных в докембрии как среди Mollusca, так и среди всей группы древних ракообразных Merostomata (и, возможно, Trilobita) и Arachnoidea. Наибольшего совершенства эта дыхательная система достигла у Cephalopoda, которые играли исключительную роль в жизни палеозоя. Однако возникновение и развитие этой системы шли на фоне широко распространенных порфириновых тел, находившихся в тканях всех без исключения беспозвоночных. Вероятно, впервые гемоглобиновая дыхательная функция приоб-

¹⁶ Deevey (1941) нашла 0.17% Cu в сухом остатке крови гаитянского тарантула *Phormictopus cancerides*. Она считала, что этот остаток в основном состоит из гемоцианина.

ретает постоянный и определенный характер среди Annelides и других червей¹⁷. Redfield (1933) считает, что кислородная емкость гемоглобина растет от червей к человеку. Нет ли каких-либо общих причин, регулирующих возникновение и развитие той и другой системы дыхательных пигментов? Нам представляется, что гемоцианиновая система возникла и существовала преимущественно среди планктонных и свободно плавающих (несидячих) форм беспозвоночных. Не без основания считается, заметим, кстати, что наиболее древней формой докембрийской жизни были именно планктон и нектон (например, Cephalopoda). Они омывались водной средой, содержащей достаточное количество растворенного O₂.

Гемоглибиновая дыхательная функция в первую очередь возникла и развивалась параллельно у ряда организмов разных классов, обитавших на дне моря, – бентосных организмов и, во-первых, особенно у тех форм, которые зарывались в грунт. Это прежде всего, конечно, Vermes, среди которых отмечено наибольшее разнообразие Fe-содержащих пигментов. Зарывающиеся в грунт организмы обычно поглощают ил, почву и невольно получают в кишечник огромное количество Fe. В воде же океана порядок содержания Fe и Cu одинаков. Если мы обратим внимание на Lamellibranchiata с эритрокруарином, то увидим, что все это – формы молодые, все относятся к Nomomyaria. Они появляются в триасе после смены форм Mollusca, происшедшей вскоре после палеозоя. Они примитивнее Anisomyaria – ветви Nomomyaria, образовавших со временем типично морские формы, – с гемоцианином в крови, с кальцитом в раковинах и т. д. Многие Nomomyaria живут в пресных водах. При переходе в солоноватые и пресные воды у них, возможно, произошло глубокое изменение физиологического обмена. Они имеют арагонитовые раковины. Многие из них получили способность из лопастей мантии образовывать сифоны; целый ряд имеет сифоны, закапывается в грунт литорали. Они-то именно и имеют кровь с гемоглибином.

Среди Solenogastres (Aplousobranchia, Amphineura) именно у Neomeniidae (у которых нет ктенидий) в крови гемоглибин. У них раковины более редуцированы, чем у Placophora (*Chiton* и др.). Последние имеют в крови гемоцианин. Таким образом, у Amphineura гемоглибиновые формы появились только после того, как образовались Aplousobranchia из Placophora. Многие из них червеобразной формы, зарывающиеся в землю.

Среди Crustacea многие Ostracoda и другие Entomostraca закапываются в ил. Chironomidae (личинки) из Insecta живут в иле – все с эритрокруарином в крови.

Во-вторых, вынужденное существование вне воды у литоральных животных – тех же Mollusca и других Invertebrata – также могло способствовать образованию гемоглибиновой кровяной системы.

В-третьих, наконец, у Invertebrata, оказавшихся паразитами (или прошедших эту стадию) животных с гемоглибиновой кровью, также наблюдается постоянно красная кровь, как например: у низших червей, низших рачков и некоторых насекомых.

Иными словами, в тех случаях, когда возникали препятствия к непосредственному получению O₂ из водного раствора и когда гемоцианин изменял, на сцене появлялись Fe-порфириновые системы с большей кислородной емкостью.

Совершенно своеобразный пигмент, содержащий V, который можно назвать ванадином, находится в крови ряда родов Ascidia и только Ascidia, а именно: у семейств Ascidiidae, Cionidae, Rhodosomatidae, Diazonidae, Botryllidae (в видах *Styelopsis*). Распределение V в крови ограничено лишь некоторыми видами и рода-

¹⁷ Интересно, что Sipunculoidea, имеющих кровь с Fe-пигментом, но не порфиринового характера, рассматривают и описывают как aberrantные формы Annelides.

ми, как мы указывали, и как будто бы главным образом среди форм тепловодных и бореальных.

Химический элементарный состав пигмента был изучен Henze (1911). Структурный характер этого пигмента неизвестен, но он не похож на гемоглобин, не имеет белковой группы. В органической части его имеется пиррол, что сближает его с пигментами из желчи. Участие этого пигмента в кислородном обмене безусловно, однако характер этого участия еще до сих пор неясен. Даже валентность V при окислении и восстановлении этого пигмента еще недостаточно точно установлена.

Ванадий находится только у *Ascidia*. Нахождение ванадия в теле *Holothuria*, а именно единственно у *Stichopus möbii*, до сих пор не подтверждено. Ванадий находится в специальных клетках – ванадоцитах. Однако эти ванадоциты находятся только у видов из семейства *Ascidiidae*. В этих же клетках содержится до 9% свободной H_2SO_4 . У других же видов, имеющих ванадий в крови, он находится в каких-то других клетках (см. табл. 269).

Перечисленными пигментами, содержащими Fe, Cu и V (и Mg в хлорофилле), не исчерпывается все разнообразие дыхательных пигментов среди беспозвоночных. Известен целый ряд пигментов, относительно которых существует представление об их принадлежности к дыхательной функции, и еще более многочисленный ряд пигментов, не участвующих в дыхании, о значении которых еще ничего не ясно. Многие из них являются производными желчных пигментов, другие представляют сложные редокс-системы. Однако ни в одном из них до сих пор не было обнаружено содержание металла. Так, например, у *Nudibranchiata*, а именно у *Chromodoris zebra*, известен голубовато-лиловый пигмент крови, изученный Crozier (1922) и Preisler (1929), так называемый *aplysiorpurpurin* из *Aplysia*. Руфесцин и руфузин из *Haliotis californensis* и *H. gigantea* (оба, по-видимому, принадлежат к желчным пигментам – см. Dhéré, Baumeister, 1930; Schulze, 1903; Kodzuka, 1921; Lemberg, 1931; Fontaine, Raffy, 1932); галлохром из *Halla parthenopeia*, который Friedheim (1933) рассматривает как добавочный дыхательный катализатор, и многие другие, не являющиеся собственно дыхательными пигментами (табл. 271).

Таблица 271
Распространение дыхательных пигментов, содержащих металлы,
среди *Invertebrata*

Вид	Семейства и др.	Металл	Пигмент
Vermes			
<i>Scolecida</i>			
Platyhelminthes		Fe	(Hb)
Aschelminthes		Fe	(Hb)
Nemertini		Fe	(Hb)
Annelida			
Polychaeta	Большинство семейств	Fe	Er
	<i>Serpulimorpha</i> и <i>Chlorhaemidae</i>	Fe	Chl
Oligochaeta		Fe	Er
Hirudinea		Fe	Er
Echiuroidea		Fe	Er
Sipunculoidea		Fe	Hm

Таблица 271 (окончание)

Вид	Семейства и др.	Металл	Пигмент
Tentaculata			
Phoronidea		Fe	Er
Bryozoa		Неизвестно	
Brachiopoda		Fe	Hm
Mollusca			
Cephalopoda	Все виды	Cu	Hc
Lamellibranchiata		Cu	Hc
	Сем. Solenidae, Arcidae, Tellinidae	Fe	Er
Gastropoda			
	<i>Planorbis</i>	Fe	Er
Amphineura			
Aplacophora	Solenogastrea	Cu	Hc
Arthropoda			
Xiphosura		Fe	Er
Crustacea	Limulidae	Cu	He
Malacostraca		Cu	He
Entomostraca		Fe	Er
Arachnoidea	Все виды	Cu	He
Insecta	Некоторые виды	Fe	Er
Enteropneusta		Неизвестно	
Echinodermata		Fe	Er
Tunicata		[V	Vn]
Acrania	<i>Amphioxus</i>		
Leptocardia		Fe	Er
Vertebrata			
Cyclostomata		Fe	Er
Pisces		Fe	Hb
Amphibia		Fe	Hb
Reptilia		Fe	Hb
Aves		Fe	Hb
Mammalia		Fe	Hb

Примечание. Er – эритрокруорин; Chl – хлорокруорин; Hm – гемеритрин; Hb – гемоглобин; Hc – гемоцианин; Vn – ванадин в крови (дыхательный псевдопигмент).

У Echinodermata находится в крови еще так называемый эхинохром, ныне изученный Copant. Этот пигмент не имеет отношения к дыханию. Неизвестен дыхательный пигмент у Brachiopoda. Ohuye (1936) нашел в крови Brachiopoda пигмент, по свойствам напоминающий эхинохром.

Глава XX МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ СКЕЛЕТОВ МОРСКИХ ОРГАНИЗМОВ

1. Карбонаты кальция и магния

С минералогической стороны был описан ряд полиморфных форм CaCO_3 . Из безводных карбонатов кальция были указаны арагонит, кальцит, фатерит, ктipeит, конхит, люблинит, μCaCO_3 , аморфный CaCO_3 . Из кристаллогидратов CaCO_3 известны $\text{CaCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Однако некоторые формы были описаны ошибочно или вторично под иным названием. Конхит Kelly (1900) в большинстве случаев оказался давно известным арагонитом. Фатерит, ктipeит Lacroix (см. Schmidt, 1924) и μCaCO_3 Johnston, Merwin и Williamson (1916), по-видимому, – одна и та же форма CaCO_3 ; ниже мы будем называть их μCaCO_3 (или фатеритом). В скелетных частях организмов встречается, помимо всех этих форм, и аморфная разновидность CaCO_3 .

Арагонит кристаллизуется в ромбической системе; двуосный, оптически отрицательный. Обладает высокой двупреломляемостью; твердость – 3.5–4.0; уд. вес – 2.94. Спайности нет. С раствором $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ дает розовато-фиолетовый цвет. Благодаря изоморфизму¹ с SrCO_3 , BaCO_3 и другими карбонатами в арагоните раковин и других скелетных частях Invertebrata часто содержатся в заметном количестве Sr и другие химические элементы.

Кальцит кристаллизуется в гексагональной системе (ромбоэдрическая); одноосный, оптически отрицательный, с высоким двупреломлением. Имеет спайность по ромбоэдру. Менее твердый, чем арагонит, твердость – 3.0; уд. вес – 2.715.

Благодаря изоморфизму с доломитом, магнезитом (MgCO_3), карбонатами (Fe^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+}) кальцит из скелетов Invertebrata часто содержит в значительных количествах MgCO_3 и меньше других подмесей.

μCaCO_3 (фатерит) – псевдогексагональная чешуйчатая модификация CaCO_3 , очень неустойчивая и легко переходящая в кальцит. Аморфный CaCO_3 имеет уд. вес около 2.25–2.45.

Аморфная разновидность наблюдается нередко у молодых форм вместе с так называемым фатеритом, например, в скелетах Mollusca, раков, затем переходит в кальцит (или арагонит). У раков в хитине чем больше кальций-фосфата, тем вероятнее существование аморфного CaCO_3 , и обратно.

Арагонит менее стоек в условиях биосферы, поэтому в ископаемых скелетных остатках арагонит переходит в кальцит. Условия образования арагонита в организмах недостаточно ясны. Вероятно, имеют значение нахождение кристаллических зародышей изоморфных веществ и определенная концентрация других солей (в частности Mg^{2+} , PO_4^{3-} , CO_3^{2-}), t° и pH.

Химические ряды скелетов беспозвоночных приведены в таблице 272.

¹ Явление сложнее.

Таблица 272
Химические ряды скелетных образований морских организмов

Карбонатный	Фосфатный	Кремниевый	Сульфатный	Фтористый	Окиси и гидроокиси	Органический	Сложный
1. Кальцит – CaCO_3 (с различным содержанием MgCO_3)	1. Фосфаты – CaHPO_4 , $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$ и др.	1. $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ – опал	1. Гипс – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1. Флюорит CaF_2	1. Окиси, гидроокиси, водные Fe_2O_3	1. Пектиновый	1. Различные комбинации соединений, указанные в таблице
2. Арагонит – CaCO_3	2. Карбонат-апатит – $3\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot \text{CaCO}_3$ и др. (даллит)	2. Кристаллический гидрат $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ и силикаты и алюмосиликаты (?)	2. Целестин SrSO_4	2. Фтор апатит	2. С Мп	2. Целлюлозный	
3. CaCO_3 – аморфный	3. Гидроксил-апатит (?) – $3\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$		3. Тяжелый шпат BaSO_4		3. Другие окиси и гидроокиси (Al? Ti?)	3. Литиновый*	
4. Другие полиморфные разновидности CaCO_3 (фатерит, μCaCO_3 и др.)	4. Фтор-апатит – $3\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot \text{CaF}_2$					4. Хитиновый	
	5. Другие апатиты					5. Белковый	
						6. Другие	

* В морских цветковых вместе с целлюлозой.

Что касается кристаллогидратов CaCO_3 , то они не образуют скелетов и встречаются в тканях организмов в рассеянном состоянии (например, $\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ водорослей). Поэтому здесь на их описании мы не останавливаемся. Распространение полиморфных разновидностей CaCO_3 в скелетах Invertebrata дается в таблице 273.

В арагонитовых скелетах Invertebrata, как мы уже видели выше, содержится очень мало MgCO_3 (<1.0%), чем они резко отличаются от кальцитовых. С другой стороны, арагонитовые скелеты содержат относительно больше Sr, чем кальцитовые. Причем эта разница более отчетлива для морских организмов. В морской воде – до $1-3 \cdot 10^{-3}\%$ Sr, а в пресной – $4 \cdot 10^{-6}\%$.

У большинства Mollusca арагонит встречается вместе с кальцитом, образуя отдельные слои раковины. Как арагонитовый (обычно внутренний, перламутровый), так и кальцитовый (обычно внешний) имеют разнообразное тонкое строение (призмы, пластинки, зерна, кристаллы сложных форм и т. п.), типичное для определенных родов и семейств этих организмов.

Таблица 273
Полиморфные разновидности CaCO_3 в скелетных частях морских организмов

Кальцит	Арагонит	Кальцит + арагонит	Фатерит, аморфный CaCO_3
Flagellata	–	–	–
(Coccolithophoridae)			
Суанопхйсеае (?)	Суанопхйсеае (?)	–	–
Rhodophyceae	–	–	–
(Corallinaceae)			
–	Chlorophyceae (Siphonales)	–	–
Foraminifera (Perforata)	–	–	Foraminifera (Imperforata?)
Porifera (Calcarea)	Porifera?	–	–
Octocorallia (кроме Heliopora)	Octocorallia (Heliopora)	–	–
Tetracorallia	–	–	–
–	Hexacorallia	–	–
–	Hydrocorallia	–	–
Tabulata	–	–	–
Archaeocyathidae (?)	–	–	–
Receptaculitidae (?)	–	–	–
Bryozoa (Ectoprocta)	–	–	–
Brachiopoda (Articulata)	–	–	–
–	Vermes (Serpulidae)	–	–
Echinodermata	–	–	–
Lamellibranchiata	Lamellibranchiata	Lamellibranchiata	–
(Anisomyaria)	(Homomyaria) Scaphopoda	–	–

Таблица 273 (окончание)

Кальцит	Арагонит	Кальцит + арагонит	Фатерит, аморфный CaCO ₃
Pteropoda (?)	Pteropoda	–	–
Heteropoda	–	–	–
–	Amphineura	–	–
Gastropoda (Cyclobranchia и др.)	Gastropoda (многие Prosobranchia, Stenobranchia, Opisthobranchia, Heteropoda, Pulmonata)	Gastropoda	Gastropoda (аморфные или фатеритовые спикулы <i>Archidoris</i>)
Cephalopoda (Argonauta)	–	–	–
–	Nautiloidea	–	–
–	Ammonoidea	–	–
–	–	Orthoceratidae (fossil Nautiloidea)	–
Belemnoidea (рострум?)	Belemnoidea	–	–
–	Tunicata (спикулы некоторых видов)	–	–
(Tentaculitidae?)	–	–	–
Ostracoda	–	–	–
Cirripedia	–	–	–
Decapoda	–	–	Decapoda (аморфный в <i>Potamobius</i>)
–	–	–	Myriopoda (Diplopoda)
Pisces (отолиты)	–	–	–

Кальцит из скелетов Invertebrata всегда содержит те или иные количества MgCO₃. Можно различить две группы кальцитовых скелетов: с малым содержанием MgCO₃ (около 1–2%) – Brachiopoda (Articulata), Mollusca, Cirripedia, Foraminifera (Perforata) и с большим (до 10% и выше) – Calcarea, Foraminifera (Imperforata), Octocorallia, Bryozoa, Vermes (трубки), Echinodermata, Corallinaceae, причем, в свою очередь, среди этой группы можно выделить подгруппу с меняющимся содержанием MgCO₃ и подгруппу с постоянным высоким содержанием MgCO₃. К последним относятся Corallinaceae, Echinodermata, Octocorallia и, вероятно, Calcarea. Характер состояния MgCO₃ ни в той, ни в другой группе кальцитовых скелетов до сих пор точно не выяснен. Кристаллы кальцита у Corallinaceae определенным образом ориентированы (С-оси их направлены перпендикулярно к осям волокон органической ткани скелета). Отдельные кристаллики кальцита у Echinodermata, а также у некоторых видов Octocorallia², Calcarea образуют как бы один кристалл, или биокристалл, что распознается по характеру фигур травления и т. д. Особенно хорошо это видно на ископаемых скелетах, которые раскалываются по спайности. Растворимость MgCO₃

² *Moelitheo ochracea*.

(и CaCO_3) скелетов Corallinaceae, Echinodermata как в воде с CO_2 , так и в других слабых кислотах несравнимо выше, чем у доломита или магнезита. Поэтому многочисленные указания на нахождение доломита (и магнезита) в скелетах этих организмов не являются убедительными и требуют дальнейшего физико-химического изучения.

2. Скелетные части с другими солями Ca, Sr, Ba

Известно нахождение в тканях организмов CaF_2 , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (гипс) и $\text{Ca}(\text{COOH})_2$ ³. Но последние два соединения не образуют скелетов. CaF_2 будто бы находился в отолитах некоторых Mysidae. Нами были исследованы отолиты капсидских Mysidae, которые не содержали CaF_2 , а состояли из CaCO_3 . Единственный случай вероятного нахождения CaF_2 у Invertebrata –

это спикулы *Archidoris*, о чем мы подробно говорим ниже. Минералогически⁴ эти спикулы не изучены.

Не исключены скелеты с силикатами кальция, о чем см. ниже.

Наконец, CaCO_3 вместе с соединениями Fe – гидроокисями железа и $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ образуют у агглютинирующих форм Foraminifera и других Protozoa цементы их минерального скелета (состоящего из песчинок и другого подобного им материала). В виде целестина⁵ SrSO_4 найден в иглах *Acantharia* (род *Radiolaria*), а барит BaSO_4 в виде мелких телец – в тканях *Xenophyophora* (*Rhizopoda*) (табл. 274).

Таблица 274
Сульфатные, фтористые скелеты морских организмов

Гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	Целестин (SrSO_4)	Тяжелый шпат (BaSO_4)	Флюорит (CaF_2)
Неизвестно	Radiolaria (<i>Acantharia</i>)	Rhizopoda (<i>Xenophyophora</i>)	Gastropoda (<i>Doriidae</i>)

3. Кремниевые скелеты

В скелете некоторых Flagellata, Diatomea, Radiolaria, Heliozoa кремниевых губок и других содержатся гидраты SiO_2 с различным количеством H_2O , обычно называемые опалом.

Таблица 275
Кремниевые скелеты морских организмов

Опал $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Кристаллический опал	Силикаты
Flagellata: Silicoflagellata	Porifera: Hyalospongiae (= Hexactinellida)	Foraminifera?
Cyanophyceae	–	Radiolaria: <i>Acantharia</i> *
Diatomeae	–	Mollusca: Docoglossa (радулы), Oncidiidae (спикулы)

³ Янтарнокислый Ca встречается в клетках *Chara*.

⁴ Rinne (см. Prenant, 1928b); Mayer, Weineck (1932) и Odum (1951b) увидели с помощью X-лучевой дифракции, что эти спикулы аморфны.

⁵ Подтверждено Odum (1951a) с помощью X-лучевой дифракции.

Таблица 275 (окончание)

Опал $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Кристаллический опал	Силикаты
Radiolaria	–	–
Heliozoa	–	–
Foraminifera: Siliciniidae	–	–
Porifera: Demospongiae	–	–
Hyalospongiae	–	–
Mollusca: Oncidiidae	–	–

* Очень сомнительно.

Детально состав их не изучен. Все они при рентгеновском и электронографическом структурном анализе (створки диатомовых, спикулы губок и т. д.) показывают аморфное состояние SiO_2 , т. е. высокодисперсное. Содержание воды в опалах из скелетов организмов колеблется от 6% (спикулы *Geodia*) до 13.18% (опал из *Hexactinellida*). Удельный вес их колеблется около 2.0, твердость – около 5–6. Опалы изотропны, с низким показателем преломления. По химическим свойствам их можно рассматривать как поликремниевые кислоты – производные метакремниевой кислоты (обычно они двуосновны).

Гидраты SiO_2 из спикул губок, скелета диатомовых, *Radiolaria* и другие содержат небольшие количества щелочей, щелочноземельных и других элементов.

Состав опалов может быть выражен общей формулой $\text{Si}_n\text{O}_2(n-1)(\text{OH})_2$, где $n \gg 1$. При метаморфизации остатков кремниевых организмов опалы скелетов частично переходят в халцедон и, возможно, в кварц. При прокаливании при $t^\circ 1000^\circ\text{C}$ кремниевых спикул губок, створок диатомовых опал переходит в тридимит – в безводную модификацию кварца.

Распространение опалов в других организмах *Invertebrata* показано в таблице 275.

Несколько лучше изучен опал из спикул губок. У разных родов содержание H_2O , по-видимому, может быть постоянным. *Tetraxonidae* содержат, как правило, опалы с малым содержанием H_2O – около 6.0–7.0%, или отвечают составу $4(\text{SiO}_2) \cdot \text{H}_2\text{O}$. *Hexactinellida* имеют в спикулах опал с большим содержанием H_2O – до 13.18% H_2O , или состав $3(\text{SiO}_2) \cdot \text{H}_2\text{O}$ и $2(\text{SiO}_2) \cdot \text{H}_2\text{O}$. *Maschke* (1872) считает, что опал имеет здесь следующий состав (диметакремниевая кислота):



На основании работ *Rauff* (1893) и других по характеру строения спикул кремниевых губок и существования более или менее ясной двупреломляемости у них, а также характерных кристаллических скелетов роста, отвечающих спикулам, *В.И. Вернадский* (1940) считает, что у *Hexactinellida* опал спикул имеет переходы к кристаллическому состоянию – кварцу. Кристаллические опалы принадлежат к правильной системе. Исходя из этого, спикулы некоторых *Hexactinellida*, очевидно, нужно считать кристаллами, а не конкреционными образованиями. Но это требует проверки современными методами.

Разнообразны скелетные элементы *Radiolaria*, *Heliozoa* и створки диатомовых, содержащие опал, который минералогически не изучен (например, пластинки с псевдокварцем и т. п.). Также неясен характер SiO_2 в полужидких спикулах *Collosclerophora*, *Bacillus siliceus* и др. Об опалах бамбука и др. *Gramineae*, *Supergaceae* и др. – см. у *Walther*.

Помимо $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, в организмах обнаруживали силикаты. Так, например, кальциевые силикаты были указаны для одной *Radiolaria*. Затем, возможно, и у *Oncidium* в первой стадии (силиколитов) имеется силикат Ca. Возможно, у цементирующих форм Protozoa, с минеральным скелетом – Foraminifera могут найтись силикаты. У *Docoglossa*, а именно у многих *Patella* в радиусе, по мнению Jones (1876) и др., находится сложный силикат Fe и Al (в золе *radula* – до 32.85% SiO_2) и т. д. Указание на присутствие филлипсида $[(\text{K}_2\text{Ca})\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 4.5\text{H}_2\text{O}]$ относится к агглютинирующим Foraminifera, где образование филлипсида связано с диагенезом.

Наконец, у агглютинирующих форм Protozoa, возможно, находятся в скелете в виде зерен и многие другие силикаты и алюмосиликаты.

4. Фосфаты и апатиты

В скелетные части морских организмов входят главным образом кальциевые соли ортофосфорной кислоты⁶. Были обнаружены аморфные и реже кристаллические фосфаты, а также трикальцийфосфат и, наконец, апатиты.

Аморфные фосфаты (т. е. высокодисперсные) наблюдаются в хитине Arthropoda, главным образом современных Crustacea, трубках полихет и других вместе с CaCO_3 (табл. 276).

Дифосфат кальция указывался в трубке *Onuphis* (CaHPO_4) и в хитине Crustacea ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Однако минералогически эти фосфаты из тканей современных организмов не были изучены. Ни брушит, ни монетит не были указаны в современных организмах. Так как содержание Ca в хитиновом скелете раков всегда значительное и вместе с фосфатами находится CaCO_3 (и MgCO_3), можно полагать, что в большинстве случаев в хитине раков находится аморфный $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Известны случаи нахождения у Crustacea кристаллического $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$, но недостаточно изученного с минералогической стороны (например, у *Galathea*).

Обычно содержание CaCO_3 , MgCO_3 и $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$ у раков в хитине находится в отношениях 80 : 8 : 12. У Stomatopoda содержание $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$ (условное изображение) повышается до 50%, а отношение $\text{CaCO}_3 : \text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 = 1 : 1$. В этом случае может быть форма фосфатов иная. CaHPO_4 , как известно, легко переходит при изменении условий среды (t° , pH, соли) в $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, а последний – в $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

Последний, по-видимому, может, в свою очередь, переходить в апатит – $3\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot n\text{CaX}_2$.

Таблица 276
Фосфаты и апатиты в скелетных частях морских организмов

Аморфные фосфаты	Кристаллические фосфаты	Карбонатапатит, даллит, гидроксипатит	Фторапатит
Trilobita (???)	Crustacea	Pisces	Brachiopoda
Merostomata (???)	(<i>Galathea</i>)	Vertebrata	(Inarticulata)
Crustacea (Malacostraca)	–	–	–
Vermes (трубки Polychacta)	–	–	–
Torellectidae (??)	–	–	–
Conulariidae (??)	–	–	–

⁶ В растворах крови и т. п. известно существование мета- и пирофосфатов

Неизвестно, в какой форме находятся фосфаты в скелетных тканях некоторых Bryozoa, в opercula Mollusca, во многих трубках червей. Точных указаний на возможность фосфорорганических соединений (типа эфиров и т. п.) нет. Относительно характера фосфатов панцирей трилобитов Merostomata (обнаруживаемых в ископаемом состоянии) ничего сказать в настоящее время нельзя. Мы склонны считать, что в панцирях этих организмов твердых солей фосфорной кислоты вообще не существовало. Лишь последующая метаморфизация остатков трилобитов и других вызвала образования фосфатных конкреций. В ископаемом состоянии фосфаты (и апатиты) находились у многих других морских организмов – Bryozoa, Mollusca, Porifera, но имеются все основания считать их вторичными. Не решен вопрос о существовании и Pteropoda (Torellellidae и Conulariidae) с фосфатным скелетом. Хотя очень часто эти организмы, их раковины, содержат в ископаемом состоянии фосфаты (указывался коллофанит, даллит и др.).

Соединения типа апатита достоверно известны у двух классов организмов – у Brachiopoda (именно среди Inarticulata) и у всех Vertebrata – в костях, чешуе рыб, реже в отолитах (например, отолиты *Amblystoma tigrinum*).

В $3\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot n\text{CaX}_2$, как известно, X_2 может замещаться Cl_2 (хлорapatит), OH (гидроксиapatит), F_2 (фторapatит), Br , I . Что касается замещения этой группы Co_3 , SO_4 , то это спорно. Некоторые считают, например, что $3\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot \text{CaCO}_3$ надо рассматривать как смесь трикальций фосфата и CaCO_3 .

Хлор-фтор-гидроксиapatиты и другие изоморфны. В апатите не только $\text{Ca} - \text{CaCO}_3$, но и Ca центральной молекулы может замещаться на Sr , Mn , Mg и др. Эти элементы поэтому в виде изоморфной подмеси находятся и в апатитах из организмов.

В элементарной структурной ячейке апатита находится тетраэдрическая группа PO_4 .

Апатиты кристаллизуются в гексагональной системе. Апатит с 3.5% F был показан впервые в ископаемых раковинах *Lingula*. Нам удалось показать, что и современные живые *Lingula* содержат апатит с 0.5% F (и 0.33% Mn). Рентгеновским структурным анализом было показано также, что кристаллическая решетка этого апатита несколько вытянута по одной из осей (на 1%).

Более широко распространенными являются апатиты костей Vertebrata. Кости всех животных содержат мелкодисперсный апатит, что также установлено при помощи структурного анализа. Остается все же спорным, какой именно апатит находится в кости. По мнению некоторых, мы имеем в костях гидроксиapatит $3\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8(\text{OH})_2$. При этом нужно заметить, что гидроксиapatит – стойкое соединение, могущее быть полученным и синтетически. Существование в костях (apatите) группы $(\text{OH})_2$ химически трудно доказать, так как при прокаливании кости могут получаться карбонаты. Но нахождение $3\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot n\text{CaCO}_3$ оспаривается на том основании, что Co_3 по своим размерам не может заместить Cl_2 в решетке апатита, не нарушая ее. В костях и апатите состава $3\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot n\text{CaCO}_3$ и других имеются следующие отношения:

	Ca	P	$\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8/\text{CaCO}_3$
Апатит $3\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot \text{CaCO}_3$	38.6	18.5	9.36
Даллит $2\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot \text{CaCO}_3$	38.7	17.7	6.2
Кости животных	39.2	18.0	(7)
Кости рыб	37.0	17.0	(11)

Можно заметить, что кости рыб относительно богаче фосфором и действительно приближаются к гипотетическому $3\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot \text{CaCO}_3$ апатиту костей. Что же касается состава костей животных, то он ближе к составу так называемого даллита

$2\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot \text{CaCO}_3$, имеющему также апатитную решетку. Слишком мало данных для того, чтобы можно было это принять окончательно⁷. Необходимо еще провести значительные исследования путем физико-химического анализа в этом направлении.

В апатите зубов и особенно бивней слона содержится >2% Mg (обычно же около 0.3%).

Ископаемые *Ostracodermi* в панцире имели кость, т. е. также содержали апатит, который в течение времени превратился частично во фторапатит, что и было нами показано.

5. Окиси и гидроокиси металлов в скелетах организмов

Распространение окисей и гидроокисей у организмов показано в таблице 277.

Таблица 277
Окиси и гидроокиси металлов в оболочках и скелетных частях морских организмов

Железо	Марганец	Алюминий
Foraminifera (<i>Hyperammina</i> , <i>Rhabdommina</i> и др.), Bacteria	Bacteria	Bacteria

Кроме случайного указания на нахождение в футлярах железных бактерий лимонита, в *Flagellata*, *Schizophyceae*, *Confervoideae*, *Conjugatae*, других данных неизвестно. Неясно, в какой валентности присутствует Fe в скелетах *Rhabdommina* и других Foraminifera. Возможно, что, помимо окисей и гидроокисей, Fe находится в виде FeCO_3 и других солей.

Содержание Fe, Mg и Al достигает у некоторых бактерий 20.0% (Fe в виде гидроокисей), но более точный состав их неизвестен. Носят ли переменный состав все эти соединения в организмах или, быть может, постоянный – это общий вопрос, который предстоит еще выяснить.

⁷ См. Brasseur, Dallemagne и Mélon (1946); Dallemagne, Mélon (1946a, b); Beevers, McIntyre (1946); Hendricks, Hill (1950).

Глава XXI ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ РЫБ

1. Общие замечания

Своеобразные указания о составе рыб можно найти у Аристотеля, Геродота, Плиния, Страбона и других ученых древности. В средние века состав рыб, как и других организмов, определялся содержанием в них белкового вещества, жира, железобразных веществ, золы. Эти сведения о составе рыб принадлежат ныне истории¹.

Лишь с начала XVIII в. и позднее появляются первые химические данные по составу рыб, их частей, органов, сохранившие известное значение и в наше время. Так, например, в это время стало известно о составе газов в так называемом плавательном пузыре рыб [Pristley (1790), Biot (1807a, b), Fischer (1795) и др.], о главных составных частях костей рыб – Hatchett (1799), Merat-Guillot (1797), Boulion, Crelis и многие др. К этому же времени стало известно содержание в теле рыб фосфора, серы и других обычных химических элементов [см. Fourcroy, Vauquelin (1807), Chevreul (1811), Morin (1822) и др.].

С начала XIX в. заметно расширяются исследования по изучению химического состава употребляемых человеком в пищу продуктов животного происхождения и вместе с тем исследования состава мяса рыб. Таким образом, возникает более систематическое изучение состава рыб, рыбных продуктов, однако по-прежнему главным образом касающееся содержания в рыбах жиров, воды, азота, золы, фосфора. Во Франции в этом направлении развивал исследования Rayen (1815); в Италии – Milone (1896); в Германии – Weigelt (1891), а затем König (1903) со своими сотрудниками, давший первую и до сего времени по существу единственную сводку данных по химическому составу рыб, правда, ныне уже устаревшую. В Норвегии в 1867 г. появилась работа Almen, содержащая многочисленные данные по химическому составу свежих необработанных рыб. Наибольшее значение приобрели исследования американца Atwater с сотрудниками, который с 1883 и до 1892 г. опубликовал большой ряд определений N, H₂O, золы, P₂O₅ и некоторых других веществ в различных рыбах, как свежих, так и переработанных (консервированных, соленых и т. п.). В России к тому времени появилась работа П. Костычева (1883) о «составе различных рыбных продуктов», содержащая, помимо литературного обзора, и оригинальные данные.

За последние 20–30 лет масштаб исследований в направлении, нас интересующем, вырос, вероятно, в несколько раз по сравнению с тем, что было сделано в течение всего XIX в.² Появились многочисленные исследования по распространению в рыбах, их органах не только P, S, Ca, Na, K, но и I, As, Cu и других химических элементов. Но, несмотря, казалось, на столь широкий фронт исследований, полученные в результате всех этих работ химические данные для рыб, и в частности для морских рыб, все же значительно уступают по сравнению с тем, что известно сейчас о химическом составе, например, Mollusca или Crustacea.

Большинство анализов, относящихся примерно к 350 видам рыб, являются анализами мяса (мышечной ткани) рыб, очень многими из которых к тому же мы не

¹ См. John (1814), а также список литературы, указанный Dean (1916, 1923).

² Это видно, например, по библиографической сводке за 1870–1920 гг. самых разнообразных работ по прикладной ихтиологии, составленной MacDonald (1921).

имеем возможности воспользоваться, так как они относятся не к свежей рыбе, а к составу пищевых продуктов, предварительно посоленных, высушенных, так или иначе обработанных рыб. Часто представляет большую трудность выяснить, в каком виде автор имел мясо рыбы (или целую рыбу) для анализа. Естественно, мы не пользовались анализами консервированной, соленой, вяленой рыбы. Многие исследователи, к сожалению, не считали нужным пользоваться научными латинскими видовыми названиями рыб, а употребляли их местные названия. Ввиду этого некоторые данные не могли быть также использованы, так как не представлялось возможным установить, к каким именно видам рыб они относятся. Местные названия, как известно, имеют в этом отношении различные значения даже в пределах одной страны, в разных ее провинциях³. Очень редко подготовка рыбы и ее частей для анализа отвечала наиболее современным аналитическим требованиям. Так, например, почти нет данных, относящихся к правильно отобранному средним пробам рыб. Полных анализов рыб (икры или мышечной ткани) вообще нет. Наиболее полные анализы содержат определения 10–12 химических элементов, но и подобных анализов можно найти не более 10–15. Подавляющая масса данных относится к содержанию в рыбах (мышечной ткани, мясе рыб) H_2O , золы, N, затем P и K.

Современные исследования по сравнительной биохимии организмов способствовали накоплению аналитических данных по составу органов и частей рыб. Они в то же время в известной степени изменили их характер. Помимо данных по общему содержанию в тканях рыб N, P, K, появились данные, касающиеся вопроса состояния этих химических элементов, соединений, в которых они встречаются в организмах. Практические вопросы рыборазведения вызвали работы по адаптации рыб к разным средам, результатом чего явились многочисленные исследования по составу крови, ее солевой массы, рыб разных отрядов. Наконец, все чаще и чаще стали появляться исследования по содержанию в тканях рыб Zn, Cu, Mn и других микроэлементов и по их физиологическому обмену.

В настоящее время описано около 20 000 видов рыб. Из них около 15 000 видов морских (вместе с проходными рыбами), около 5000 видов пресноводных рыб. Морские рыбы, их мясо, идущее в пищу людей и отчасти животных, а также в ряде случаев используемое на удобрительные туки, имеют большее значение в хозяйстве человека, чем рыбы пресных водоемов. Все известные в науке химические определения, имея в виду и качественные пробы, относятся не более чем к 350–400 видам рыб, главным образом морским (табл. 278).

Здесь, может быть, уместно сказать, что нет химических данных, относящихся к составу видов из класса Cyclostomata. Очень немногие данные относятся к видам из Elasmobranchii. Большинство химических данных (см. табл. 278) относятся к рыбам из Teleostomi⁴, или, точнее, Teleostei, причем главным образом к видам из семейств Gadidae, Clupeidae, Scombridae, Pleuronectidae, Sparidae, Salmonidae и затем в меньшей степени к некоторым другим (см. Cyprinidae и Percidae из пресноводных рыб). Многие семейства не представлены видами, для которых были бы известны те или иные химические данные, например, Dipnoe, Chimaeridae, Chlamydoselachidae, Syngnathidae и многие другие из Teleostei. Из этого краткого перечня видно, что химические определения относятся к так называемым промысловым рыбам, главным образом. Ниже во многих таблицах мы приводим некоторые аналитические данные, относящиеся и к пресноводным рыбам, с целью сопоставления их состава с составом морских рыб.

³ В таблицах в сомнительных случаях мы приводим латинские названия и местные.

⁴ В таблицах ганоидные рыбы помещаются вместе с Teleostei.

Таблица 278
Содержание H₂O, золы и N в мягких частях рыб
(в % живого вещества)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Место сбора	Автор
Lamnidae						
<i>Lamna cornubica</i>		77.68	0.76	3.53	Средиземное море	Milone, 1896
Alopiidae						
<i>Alopias vulpes</i>		80.96	1.28	3.46	То же	Тот же
Scylliorhinidae						
<i>Scyllium</i> sp.		–	–	3.79	–	Buglia, Constantino, 1912
Carcharinidae						
<i>Mustelus vulgaris</i>		76.32	1.14	3.78	Средиземное море	Milone, 1896
<i>Mustelus antarcticus</i>		75.7	1.41	–	Австралия	Jowett, Davies, 1938
<i>Carcharias glaucus</i>		79.33	0.94	3.23	Средиземное море	Milone, 1896
<i>Galeorhinus australis</i>	Филе	78.1	1.24	–	Австралия	Jowett, Davies, 1938
Squalidae						
<i>Acanthias vulgaris</i>		59.08	2.75	5.33	Северное море	Sempolowski, 1889
		71.56	2.01	2.84	То же	Weigelt, 1891
Rajidae						
<i>Raja asterias</i>		76.09	1.13	4.00	Средиземное море	Milone, 1896
<i>Raja clavata</i>		73.48	2.31	3.74	Северное море	Weigelt, 1891
<i>Raja radiata</i>		80.67	2.61	2.68	Северное море	Sempolowski, 1889
		75.49	1.70	3.84	–	Payen, 1865
		76.40	0.90	3.54	–	Balland, 1898b
		76.90	0.95	3.50	–	Тот же
<i>Raja</i> sp.	2	81.00	1.11	2.64	США	Atwater, Woods, 1896
Torpedinidae						
<i>Torpedo ocellata</i>		75.57	1.12	3.28	Средиземное море	Milone, 1896
		77.96	–	3.25	–	Weyl, 1882
	2	88.40	–	–	–	Ranke, 1872 (?)
<i>Torpedo marmorata</i>	3	89.15	–	–	–	Тот же
Acipenseridae						
<i>Acipenser gueldenstaedtii</i>		72.26	1.70	2.52	Дельта р. Волги	Астрахан. биол. ст., 1927
<i>Acipenser ruthenus</i>		76.81	0.96	2.10	–	Костычев, 1883
		74.18	0.70	3.00	Дельта р. Волги	Астрахан. биол. ст., 1927
<i>Acipenser stellatus</i>	10; ♂♂,	69.2	1.16	2.76	Дон, вблизи Ростова	Minder, 1933
	♀♀	67.85	0.90	2.93	Дельта р. Волги	Астрахан. биол. ст., 1927

Таблица 278 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Место сбора	Автор	
<i>Acipenser sturio</i>		70.0	1.00	–	То же	Осипов, 1931	
		72.0	1.00	–	"	Тот же	
		76.02	1.16	2.83	–	Костычев, 1883	
		78.90	1.43	2.97	–	?	
		–	0.8	2.64		Средиземное море, Египет	El Saby, 1934
<i>Acipenser sturio</i>		80.96	0.83	2.67		Средиземное море	Milone, 1896
	2; ♂♂	68.9	1.30	2.55		Дон, вблизи Ростова	Minder, 1933
	2; ♀♀	66.35	1.20	2.48		То же	Тот же
		78.59	1.43	2.89		США	Atwater, Woods, 1896
		75.2	1.00	2.56		Дон, вблизи Ростова	Minder, 1933
<i>Huso huso</i>		75.83	1.21	2.60		Дельта р. Волги	Астрахан. биол. ст., 1927
		76.0	1.00	–		То же	Осипов, 1931
		78.00	1.38	3.29		Филиппинские острова	Valenzuela, 1928
Lepidosteidae <i>Lepidosteus osseus</i> (панцирная щука)		71.7	–	2.3		США	Nelson, Greene, 1921
	3; пресноводная	–	–	4.53		"	Те же
	Яичники	–	–	–		–	–
<i>Lepidosteus platystomus</i>		78.1	–	2.2		–	"
	3; пресноводная	59.70	–	3.87		–	"
	12; яичники	–	–	–		–	–
Elopidae							
<i>Elops saurus</i>		79.19	1.41	3.09		Филиппинские острова	Valenzuela, 1928
Megalopidae							
<i>Megalops cyprinoides</i>		77.21	1.13	3.20		Филиппинские острова	Valenzuela, 1928
		75.76	1.97	3.03		То же	Balagtes, 1928
Clupeidae							
<i>Clupea alosa</i>		78.71	1.02	2.76		Средиземное море	Milone, 1896
<i>Clupea aurita</i>		67.86	1.91	5.22		То же	Тот же
<i>Clupea harengus</i>	19	65.18	1.32	2.76		Манх, Англия	Brüce, 1924
	за 4 года	63.70	–	2.86		Westermunde	Bähr, 1935
	2; мышцы; ♂♂	63.85	–	–		р-н Клайда	–
	3; мышцы; ♀♀	68.73	–	–		Атлантический океан	Brüce, 1924
	2; гонады; ♂♂	68.65	–	4.06		То же	Тот же
	3; гонады; ♀♀	76.23	–	3.28		"	"
	2; печень; ♂♂	66.45	–	–		"	"
	3; печень; ♀♀	63.86	–	–		"	"
		76.0	1.51	2.90	–		Balland, 1890

Таблица 278 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Место сбора	Автор
		60.54	2.21	4.20	–	Williams, 1911
		75.09	1.64	2.47	–	Ильин, 1911
		70.00	1.90	2.45	–	Payen, 1865
		77.00	1.66	3.03	–	Clark, Almy, 1918
	Мясо	77.00	2.00	–	Волго-Каспийский бассейн	Осипов, 1931
		76.41	3.62	2.29	Северное море	Weigelt, 1891
		77.98	1.35	2.92	То же	König, Splittberger, 1909
<i>Clupea harengus</i>		80.71	2.07	(1.6)	–	Buckland, 1874
		68.57	1.49	3.03	–	Atwater, 1888
	2	72.29	1.55	2.05	США	Atwater, Woods, 1896
	4	69.08	–	2.72	Северное море	Metzner, Köhler, 1931
	Декабрь	61.50	–	–	Азовское море	Книпович, 1926
	Февраль	71.18	–	–	То же	Тот же
	Сентябрь; после нереста	74.14	–	–	"	"
		66.80	1.29	3.40	Северное море	Ulrich, 1911
	Мясо	71.0	1.5	–	Волго-Каспийский бассейн	Осипов, 1931
<i>Clupea harengus</i> var. <i>membras</i>		76.11	1.71	2.76	–	Костычев, 1883
		73.25	1.65	3.02	–	Almén, 1877
		77.79	1.25	2.49	–	Ильин, 1911
<i>Clupea pilchardus</i>		–	1.80	2.44	Средиземное море, Египет	El Saby, 1934
<i>Clupea pilchardus</i>		72.06	2.00	2.35	Средиземное море	Milone, 1896
		74.54	1.85	3.10	Неаполитанский залив	Carteni, Aloj, 1934
		73.10	1.88	3.54	–	Balland, 1890
<i>Clupea sapidissima</i>		70.44	1.35	3.00	–	Atwater, Woods, 1896
<i>Clupea</i> sp. (gillihast)		74.36	3.66	3.13	–	Valenzuela, 1928
<i>Clupea</i> sp. (tamban)		79.16	1.01	3.13	–	Тот же
<i>Clupea</i> sp. (tulis)		77.31	1.45	3.02	–	"
<i>Clupea</i> sp. (tunsoy)		71.32	2.07	3.26	Филиппинские острова	"
<i>Clupea sprattus</i>		74.82	2.37	2.48	–	Weigelt, 1891
		75.77	1.56	2.24	–	Williams, 1911
<i>Clupea vernalis</i>	2	74.31	1.47	3.09	США	Atwater, Woods, 1896
<i>Alosa</i> sp.		63.91	3.5	1.26	–	Balland, 1890

Таблица 278 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Место сбора	Автор
<i>Alosa sapidissima</i>	3	68.17	1.34	3.03	Северная Каролина, США	Clark, Almy, 1918
	7	70.44	1.35	3.00	США	Atwater, 1883a
<i>Pomolobus vernalis</i>		72.82	1.48	3.15	То же	Atwater, 1885
<i>Sardinella eba</i>	4	67.22	1.65	3.76	Средиземное море	El Saby, 1934
<i>Sardinella longiceps</i>		75.29	1.60	3.08	Филиппинские острова	Balagtes, 1928
		75.32	1.60	–	То же	Santos, Ascalon, 1931
<i>Harengula delicatula</i>	Целая	75.74	2.75	2.58	Дельта р. Волги	Астрахан. биол. ст., 1927
<i>Harengula moluccensis</i>		79.36	1.65	2.63	Филиппинские острова	Balagtes, 1928
		79.37	1.62	–	То же	Santos, Ascalon, 1931
<i>Harengula</i> sp.	Килька; целая	76.0	2.50	–	Волго-Каспийский бассейн	Осипов, 1931
<i>Harengula</i> sp.		68.0	3.0	–	Волго-Каспийский бассейн	Осипов, 1931
<i>Sardinia caerulea</i>	3; ♂♂	79.71	1.67	2.98	Калифорния, США	Dill, 1921
	3; яички	79.29	–	2.91	То же	Тот же
	7; ♀♀	77.61	1.57	3.12	"	"
	3; яичники	72.96	–	3.30	"	"
		56.08	1.53	2.55	Нутка, Б.К., Канада*	Dill, 1926
		59.97	1.87	2.82	Сан-Педро, Калифорния, США	Тот же
<i>Sardinia pilchardus</i>	2	68.0	1.90	2.70	Канада	White, 1936a
	2	60.00	1.50	2.51	"	Тот же
<i>Sardinops neopilchardus</i>	3; целая	77.1	4.51	–	Австралия	Jowett, Davies, 1938
	3; филе	77.1	4.50	–	"	Те же
<i>Caspialosa brashnikov</i>		77.35	1.79	2.85	Дельта р. Волги	Астрахан. биол. ст., 1927
<i>Caspialosa caspia</i>		71.46	1.33	2.90	То же	То же
<i>Caspialosa kessleri</i>		63.70	1.76	3.02	–	"
<i>Caspialosa saposhnikov</i>		74.35	0.9	3.08	Дельта р. Волги	Астрахан. биол. ст., 1927
<i>Caspialosa volgensis</i>		69.42	1.76	3.02	То же	То же
<i>Caspialosa</i> sp.		70.0	1.5	–	"	Осипов, 1931
Dorasomidae						
<i>Anodotostoma chacunda</i>		77.03	1.66	3.09	Филиппинские острова	Valenzuela, 1928

Таблица 278 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Место сбора	Автор	
<i>Konosirus thrissa</i>		73.73	1.85	–	То же	Santos, Ascalon, 1931	
		73.72	1.83	3.20	"	Balagtes, 1928	
Engraulidae							
<i>Engraulis encrasicolus</i>		74.81	2.40	3.14	Средиземное море	Milone, 1896	
		81.01	2.24	2.50	Филиппинские острова	Valenzuela, 1928	
		73.40	2.13	3.49	Неаполитанский залив	Carteni, Aloj, 1934	
	4	72.92	2.06	2.45	Черное море	Озетский, Кефер, Мангуба, 1936	
	2	58.7	2.42	2.17	То же	Миндер, 1933	
		78.30	0.80	3.28	Средиземное море, Египет	El Saby, 1934	
	2	58.1	2.43	2.17	Азовское море	Миндер, 1933	
	Весна	70.94	–	–	То же	Книпович, 1926	
	Осень	56.71	–	–	"	Тот же	
	<i>Anchovia commersoniana</i>		79.42	1.24	2.90	Филиппинские острова	Balagtes, 1928
		72.27	0.11	–	То же	Santos, Ascalon, 1931	
Chanidae							
<i>Chanos chanos</i>		73.54	1.28	3.43	"	Balagtes, 1928	
		73.54	1.28	–	"	Santos, Ascalon, 1931	
<i>Clanos sp.</i>		73.80	1.29	3.07	"	Valenzuela, 1928	
Salmonidae							
<i>Salmo fario</i>		80.59	0.80	2.80	–	Balland, 1890	
<i>Salmo fario</i>		73.58	0.91	2.50	–	Williams, 1911	
<i>Salmo salar</i>		77.06	–	2.10	–	Buckland, 1874	
		75.70	1.27	2.10	–	Payen, 1865	
		61.40	0.87	2.82	–	Balland, 1898b	
		65.32	1.72	3.19	–	Williams, 1911	
		70.33	1.49	3.10	–	Almén, 1877	
		62.02	1.30	2.10	–	Костычев, 1883	
		62.02	–	–	–	Тот же	
		66.90	1.20	3.12	США	–	
		♀♀	61.07	1.35	3.94	–	Atwater, Woods, 1896
		♂♂	60.83	1.44	3.94	–	Те же
<i>Salmo salar</i>	♀♀	63.41	1.56	3.46	–	Atwater, Woods, 1896	
	♀♀	65.80	1.46	3.39	–	Те же	
	♂♂	75.34	1.12	3.06	–	"	
	♀♀; с икрой	78.34	1.17	2.83	–	"	
	♀♀; с икрой	79.52	1.21	2.77	–	"	
	3	62.93	1.33	3.67	–	Atwater, 1892	

Таблица 278 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Место сбора	Автор
	3	66.31	1.20	–	Аляска	Shostrom, Clough, Clark, 1924
		57.34	1.13	–	р. Колумбия	Те же
	2	64.30	1.22	–	Лабрадор	"
<i>Salmo salar</i> sp. <i>sebago</i>		78.40	1.28	2.60	–	Atwater, Woods, 1896
<i>Salmo salvelinus</i>	3	77.51	1.21	3.07	–	Те же
<i>Salmo trutta</i>		75.35	1.33	2.58	–	Костычев, 1883
		67.15	1.20	3.68	–	König, Splittberger, 1909
		73.85	1.58	3.67	Северное море	Ulrich, 1911
<i>Salmo trutta labrax</i>		61.94	1.43	2.74	Дельта р. Волги	Астрахан. биол. ст., 1927
<i>Salmo trutta labrax</i> (?)		60.0	1.00	–	Волго-Каспийский бассейн	Осипов, 1931
<i>Salvelinus namaycush</i>	2	68.94	1.25	2.95	США	Atwater, Woods, 1896
<i>Oncorhynchus chouicha</i>	2	63.39	1.06	2.83	"	Те же
		64.14	1.01	2.96	"	Atwater, 1885
<i>Oncorhynchus gorbusha</i>		71.75	0.97	3.08	р. Колумбия	Carter, 1936
	9; мышца	70.25	1.31	–	Аляска	Shostrom, Clough, Clark, 1924
	Мышца	68.23	1.33	–	Пьюджет-Саунд, Вашингтон, США	Те же
<i>Oncorhynchus keta</i>	11	71.00	1.28	–	Аляска	"
		68.83	1.30	–	Пьюджет-Саунд, Вашингтон, США	"
<i>Oncorhynchus kisutch</i>	9; мышца	67.95	1.25	–	Аляска	Shostrom, Clough, Clark, 1924
	9; мышца	65.41	1.22	–	р. Колумбия	Те же
<i>Oncorhynchus nerka</i>	Мышца	68.6	0.80	3.23		Carter, 1936
	11; мышца	68.43	1.33	–	Аляска	Shostrom, Clough, Clark, 1924
	1; мышца	63.44	1.23	–	Пьюджет-Саунд, Вашингтон, США	Те же
	2; мышца	61.28	1.31	–	р. Колумбия	"
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	Мышца	61.90	6.82	2.66	–	Williams, 1911
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>		71.85	1.19	2.88	–	Ильин, 1911
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>		63.00	–	–	–	Okuda, 1912
	5; мышца	67.02	1.25	–	Аляска	Shostrom, Clough, Clark, 1924
	2; мышца	62.02	1.16	–	Пьюджет-Саунд, Вашингтон, США	Те же

Таблица 278 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Место сбора	Автор
	6; мышца	63.43	1.18	–	Р. Колумбия	"
	3; мышца	62.00	1.23	–	Реки Орегон и Калифорния	"
<i>Cristivomer namaycush</i>	2	68.94	1.25	2.98	США	Atwater, 1885
<i>Coregonus albus</i>		73.33	1.24	2.89	–	Gabriel, Limprich, 1914
<i>Coregonus bairdii</i>		79.13	1.22	1.88	–	Костычев, 1883
<i>Coregonus clupeaformis</i>		69.22	1.60	3.64	США	Atwater, Woods, 1896
<i>Coregonus eperlanus</i>		78.30	2.41	2.46	–	Balland, 1891
		78.38	1.57	2.72	–	Костычев, 1883
		79.32	0.90	2.46	–	Ильин, 1911
<i>Coregonus eperlanus</i>		79.01	2.96	3.35	–	Попов, 1882
var. <i>spirinch</i>		77.79	0.96	3.55	–	Ильин, 1911
<i>Coregonus fera</i>		78.01	1.01	2.98	Боденское оз.	König, Thienemann, Limprich, 1912
<i>Coregonus fera</i> var. <i>S. Bened</i>		79.34	1.03	2.57	Laachersee	Те же
<i>Coregonus macrophthalmus</i>		76.56	1.05	2.92	Боденское оз.	"
<i>Coregonus wartmanni</i>		77.01	1.10	3.10	"	"
<i>Stenodus leucichthys</i>		55.55	2.00	3.16	Дельта р. Волги	Астрахан. биол. ст., 1927
<i>Stenodus leucichthys</i>		57.00	–	3.20	Дельта р. Волги	Осипов, 1931
<i>Argyrosomus tullihee</i>		76.04	1.25	3.08	США	Atwater, Woods, 1896
Osmeridae						
<i>Osmerus mordax</i>		80.73	2.00	2.55	–	Williams, 1911
	2	78.98	1.68	2.80	–	Atwater, Woods, 1896
Galaxiidae						
<i>Galaxias</i> sp. (?)	Филе	75.4	4.80	–	Австралия	Jowett, Davies, 1938
Catastomidae						
<i>Carpiodes thompsonii</i>	2; пресноводная	76.20	1.20	3.09	О-з Эри, Огайо, США	Clark, Almy, 1918
<i>Myxostoma celata</i>		78.49	1.19	2.87	США	Atwater, Woodss, 1896
Cyprinidae						
<i>Cyprinus carpio</i>	Пресноводная	77.91	1.28	3.02	–	?
	23; пресноводная	83.08	2.24	1.93	–	Nowak, 1935
	Пресноводная	76.97	1.33	3.41	–	Payen, 1865
	Пресноводная	79.25	1.03	2.48	–	Balland, 1890
	3	–	–	2.70	–	Reuss, 1908
		–	–	2.41	–	Лахно, 1935
	8	–	–	2.41	–	Тот же

Таблица 278 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Место сбора	Автор
<i>Cyprinus major</i>		79.16	–	–	Япония	Okuda, 1912
<i>Tinca major</i>		76.60	–	2.60	"	Тот же
<i>Tinca tinca</i>		80.00	1.06	2.80	–	Balland, 1890
		79.00	1.50	–	Волго-Каспийский бассейн	Осипов, 1931
	4	–	–	2.65	–	Лахно, 1935
<i>Tinca vulgaris</i>		78.92	1.37	2.42	Средиземное море	Milone, 1896
		80.00	1.66	2.80	–	Balland, 1898b
	5	79.0	1.40	2.90	Средиземное море	Vintilescu, Stanciu, Orari, 1940
<i>Abramis blicca</i>		77.80	1.19	2.93	–	Ulrich, 1911
		76.89	3.44	2.77	–	Rayen, 1865
<i>Abramis brama</i>		78.70	1.02	2.59	–	Balland, 1898b
		76.29	1.50	2.91	Дельта р. Волги	Астрахан. биол. ст., 1927
<i>Abramis sapa</i>		79.5	1.50	–	Волго-Каспийский бассейн	Осипов, 1931
		75.00	1.50	–	То же	Тот же
		75.81	1.47	3.12	Дельта р. Волги	Астрахан. биол. ст., 1927
<i>Abramis sp.</i>		81.20	1.39	2.55	–	Balland, 1890
		76.00	1.00	–	Волго-Каспийский бассейн	Осипов, 1931
<i>Barbus sp. (?)</i>		89.34	0.9	1.57	–	Rayen, 1865
<i>Leuciscus alburnus</i> (<i>Leuciscus delineatus</i>)		72.89	3.25	2.69	–	Тот же
<i>Leuciscus idus</i>		79.00	1.00	–	Волго-Каспийский бассейн	Осипов, 1931
		–	–	2.65	–	Лахно, 1935
<i>Leuciscus rutilus</i>		67.03	5.06	2.33	–	?
		77.89	1.35	–	–	Limpricht, 1863
		75.76	1.60	2.61	–	Попов, 1882
<i>Alburnus alburnus</i>		70.00	4.5	–	Волго-Каспийский бассейн	Осипов, 1931
<i>Rutilus rutilus</i>	Плавник	80.50	1.23	2.62	–	Balland, 1890
<i>Rutilus rutilus</i>	2; целая	70.85	4.32	3.14	Каспийское море	Костычев, 1883
<i>Rutilus rutilus caspicus</i>		77.33	1.53	2.97	–	Астрахан. биол. ст., 1927
<i>Rutilus rutilus heekeli</i>		75.00	1.50	–	Волго-Каспийский бассейн	Осипов, 1931
<i>Rutilus sp.</i>	Мышцы	78.00	1.00	–	То же	Тот же

Таблица 278 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Место сбора	Автор
<i>Carassius auratus</i>	Целая	80.15	5.99	1.93	Индия	Greshoff, 1903
<i>Carassius carassius</i>	27	74.23	1.03	2.78	–	König, Thienemann, Limprich, 1912
(?)		80.82	1.07	1.40	–	Костычев, 1883
		73.34	1.12	3.78	–	König, Splittberger, 1909
	Эмбрион	89.94	0.49	1.12	–	Nowak, 1935
	Желток	81.20	0.54	1.20	–	Тот же
		–	1.11	–	Дельта р. Волги	Астрахан. биол. ст., 1927
		77.00	1.5	–	Волго-Каспийский бассейн	Осипов, 1931
	5	–	–	2.58	–	Лاخно, 1935
<i>Carassius carpio</i>	8	–	–	2.41	–	Тот же
<i>Carassius</i> sp.	Мышцы	82.00	1.00	–	Волго-Каспийский бассейн	Осипов, 1931
<i>Aspius aspius</i>		74.39	1.09	3.27	Дельта р. Волги	Астрахан. биол. ст., 1927
<i>Aspius</i> sp.		75.0	1.00	–	То же	Осипов, 1931
<i>Pelecus cultratus</i>		75.00	1.50	–	Волго-Каспийский бассейн	Тот же
		74.69	1.60	4.78(?)	То же	Астрахан. биол. ст., 1927
<i>Scardinus erythrophthalmus</i>		80.0	1.8	–	"	Осипов, 1931
<i>Blicca bjoerkna</i>		74.51	1.50	3.30	"	Астрахан. биол. ст., 1927
<i>Brama raji (raii)</i>		73.71	1.07	3.28	Средиземное море, Египет	Milone, 1896
<i>Vimba vimba natioearinata</i>		79.00	1.5	–	Волго-Каспийский бассейн	Осипов, 1931
Cobitidae						
<i>Misgurnus</i> sp.	Целая	71.5	4.5	–	То же	Тот же
Ariidae						
<i>Arius</i> sp.		81.09	1.04	2.74	Филиппинские острова	Valenzuela, 1928
		79.07	1.49	2.82	То же	Balagtes, 1928
Siluridae						
<i>Silurus glanis</i>		72.39	0.83	2.20	–	Ильин, 1911
		78.98	1.12	2.64	Дельта р. Волги	Астрахан. биол. ст., 1927
		77.0	1.00	–	То же	Осипов, 1931
Clariidae						
<i>Clarias batrachus</i>		76.34	1.16	2.82	Филиппинские острова	Balagtes, 1928

Таблица 278 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Место сбора	Автор
		76.43	1.15	–	То же	Santos, Ascalon, 1931
Synodontinae						
<i>Synodus</i> sp.		79.17	1.50	3.10	То же	Valenzuela, 1928
<i>Saurus lacerta</i>		75.40	1.58	3.38	Средиземное море	Milone, 1896
Esocidae						
<i>Esox lucius</i>		78.73	1.04	3.34	–	König, Splittberger, 1909
		79.73	1.03	2.99	США	Atwater, Woods, 1896
		77.37	(0.38)	3.18	–	König, 1879
		79.30	1.08	2.95	–	Bailand, 1890
<i>Esox lucius</i>		77.53	1.30	3.26	–	Payen, 1865
		80.70	1.18	1.80	–	Костычев, 1883
		83.89	1.13	2.37	–	Almén, 1877
		78.45	1.40	3.10	Дельта р. Волги	Астрахан. биол. ст., 1927
	2	–	–	3.18	–	Лажно, 1935
		79.0	1.50	–	Волго-Каспийский бассейн	Осипов, 1931
<i>Esox nobilior</i>		76.82	1.57	3.22	США	Atwater, Woods, 1896
<i>Esox reticulatus</i>		79.40	1.13	3.04	"	Те же
Anguillidae						
<i>Anguilla fluviatilis</i>		62.16	0.84	2.37	–	Lichtenfelt, 1904
		69.24	–	–	–	Suzuki, Yoshimura, Jamakawa, Irie, 1909
<i>Anguilla rostrata</i>	2	71.45	1.00	2.95	США	Atwater, 1885
<i>Anguilla vulgaris</i>		70.82	0.70	2.83	Средиземное море	Milone, 1896
		62.22	1.25	3.14	То же	Carteni, Aloj, 1934
		62.44	1.23	2.48	"	Те же
		59.90	0.88	2.40	Средиземное море, Египет	El Saby, 1934
		61.08	6.82	2.50	–	Williams, 1911
		75.80	0.87	2.70	–	Balland, 1898b
		59.80	0.76	2.04	–	Тот же
		52.78	0.92	2.10	–	Almén, 1877
		62.08	0.77	2.00	–	Payen, 1865
		86.78	2.75	2.94	–	Reuss, Weinland, 1912
		–	–	2.34	–	Vieweger, 1928
	11	–	–	2.15	–	Boucher-Firly, 1935

Таблица 278 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Место сбора	Автор
Muraenidae						
<i>Muraena helena</i>		75.14	1.61	3.39	Средиземное море	Carteni, Aloj, 1934
		–	2.81	1.6	Средиземное море, Египет	El Saby, 1934
		74.76	1.85	3.08	То же	Milone, 1896
<i>Muraena</i> sp.		77.71	3.35	3.05	Филиппинские острова	Valenzuela, 1928
		70.69	1.24	3.76	Индия	Greshoff, 1903
Muraenesocidae						
<i>Muraenesox cinereus</i>		80.28	1.61	2.85	Филиппинские острова	Balagtes, 1928
		80.19	1.98	–	То же	Santos, Ascalon, 1931
Congridae						
<i>Leptocephalus conger</i>		75.80	0.17	2.90	–	Lichtenfeet, 1904
<i>Conger vulgaris</i>		–	2.93	1.2	Средиземное море, Египет	El Saby, 1934
		76.35	1.22	2.93	Средиземное море	Milone, 1896
		79.91	1.11	2.17	–	Payen, 1865
Ophichthyidae						
<i>Ophichthyidae</i>		78.76	1.13	2.67	Филиппинские острова	Valenzuela, 1928
Belonidae						
<i>Belone acus</i>		74.65	1.83	3.61	Неаполитанский залив	Carteni, Aloj, 1934
		–	1.80	2.64	–	El Saby, 1934
		74.83	1.40	3.30	Средиземное море, Египет	Milone, 1896
Hemiramphidae						
<i>Hemiramphus intermedius</i>		76.8	1.3	–	Австралия	Jowett, Davies, 1938
<i>Hemiramphus</i> sp.		77.41	1.38	3.20	Филиппинские острова	Balagtes, 1928
		75.66	3.50	–	То же	Santos, Ascalon, 1931
Exocoetidae						
<i>Exocoetus volitans</i>		75.20	1.61	3.78	Средиземное море, Египет	Carteni, Aloj, 1934
		–	1.60	3.71	То же	El Saby, 1934
		71.85	1.43	3.65	"	Milone, 1896
Gadidae						
<i>Brosimius brosmie</i>		81.95	0.90	2.71	США	Atwater, Woods, 1896
<i>Gadus aeglefinus</i>		76.18	0.84	3.83	Северное море	König, Splittberger, 1909
		80.06	1.28	2.92	–	Greshoff, Cluwen, De Fouw, 1907
		79.20	0.74	2.97	–	Ulrich, 1911

Таблица 278 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Место сбора	Автор
		82.95	1.61	2.72	–	Payen, 1865
		80.97	1.64	2.73	–	König, 1876
		84.20	0.79	2.2	–	Balland, 1890
		72.37	0.91	3.51	–	Williams, 1911
		78.90	3.59	2.76	Северное море	Sempolowski, 1889
	2	78.60	3.79	2.49	То же	Weigelt, 1891
	4	81.40	1.23	2.74	США	Atwater, 1885
<i>Gadus aeglefinus</i>	2	81.25	1.17	2.85	–	Atwater, 1884a
<i>Gadus callarias</i>		82.98	1.44	2.67	–	Almén, 1877
		81.33	1.23	2.95	Нью-Йорк, США	Clark, Almy, 1918
<i>Gadus merlangus</i>	2	83.50	2.94	2.13	Северное море	Weigelt, 1891
<i>Gadus minutus</i>		75.14	1.54	3.73	Средиземное море	Milone, 1896
<i>Gadus morhua</i>		79.42	3.24	2.55	Северное море	Weigelt, 1891
<i>Gadus morhua</i>		80.61	1.57	3.00	Северное море	Sempolowski, 1889
		76.32	0.76	3.42	То же	Williams, 1911
		77.10	2.38	3.00	"	Balland, 1890
		81.02	1.11	1.62	"	Костычев, 1883
	5	82.04	1.22	2.62	США	Atwater, Woods, 1896
		81.18	0.99	2.42	Баренцево море	Ильин, 1911
		81.20	0.66	2.55	Северное море	Ulrich, 1911
<i>Gadus navaga</i>		81.35	1.58	2.64	–	Костычев, 1883
<i>Gadus virens</i>		–	–	2.35	Баренцево море	Неуструева, 1931
		76.78	1.07	2.60	Северное море	Ulrich, 1911
<i>Lota lota</i>	10	–	–	2.66	–	Лажно, 1935
<i>Lota lota</i> (налим)		79.0	2.0	–	Волго-Каспийский бассейн	Осипов, 1931
<i>Lota molva</i>		80.08	0.75	2.74	–	Ulrich, 1911
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	2	80.40	1.06	2.46	Массачусетс, США	Clark, Almy, 1918
<i>Melanogrammus virens</i>		80.10	0.97	2.85	–	Balland, 1890
		76.02	1.55	3.45	–	Atwater, Woods, 1896
<i>Merlangus vulgaris</i>		78.08	1.27	3.02	Северное море	Ulrich, 1911
<i>Merluccius bilinearis</i>		81.14	1.22	2.60	Нью-Йорк, США	Clark, Almy, 1918
<i>Merluccius merluccius</i>	2	79.77	1.34	3.16	Средиземное море, Египет	El Saby, 1934
<i>Merluccius vulgaris</i>		82.95	1.08	2.42	–	Payen, 1865
		78.50	1.54	2.61	Неаполитанский залив	Carteni, Aloj, 1934
		79.38	0.93	2.64	Средиземное море	Milone, 1896
		80.70	1.44	2.59	–	Balland, 1890
	2	81.72	2.55	2.23	Северное море	Weigelt, 1891

Таблица 278 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Место сбора	Автор
<i>Microgadus tomcod</i>		81.43	0.99	2.7	США	Atwater, 1885
<i>Phycis chuss</i>		83.01	0.98	2.45	"	Atwater, Woods, 1896
<i>Pollachius carbonarius</i>	2	76.06	1.55	3.44	"	Те же
<i>Urophycis</i> sp.		81.70	1.15	2.69	–	Clark, Almy, 1918
Zeidae						
<i>Zeus faber</i>		79.32	1.27	3.05	Средиземное море	Carteni, Aloj, 1934
		80.29	1.0	2.49	То же	Milone, 1896
<i>Zeus faber</i>		–	1.3	2.60	"	El Saby, 1934
Sphyraenidae						
<i>Barracuda argentea</i> (<i>Sphyraena barracuda</i>)		77.29	1.42	3.21	Филиппинские острова	Valenzuela, 1928
<i>Sphyraena acutipinnus</i>		77.86	1.46	2.99	То же	Тот же
<i>Sphyraena jello</i>		76.74	1.50	3.40	"	Balagtes, 1928
<i>Sphyraena</i> sp. (?)		78.56	1.26	3.02	"	Valenzuela, 1928
<i>Sphyraena vulgaris</i>		76.78	1.72	3.36	Средиземное море	Carteni, Aloj, 1934
		74.81	1.42	3.36	То же	Milone, 1896
Mugilidae						
<i>Mugil albula</i>		74.74	1.17	3.11	США	Atwater, Woods, 1896
<i>Mugil capito</i>	5	76.50	1.41	3.33	Средиземное море	El Saby, 1934
<i>Mugil cephalus</i>		76.73	1.15	2.69	То же	Milone, 1896
		79.30	1.09	2.93	–	Balland, 1890
		72.24	1.81	3.49	Средиземное море	Carteni, Aloj, 1934
		75.87	1.33	–	Филиппинские острова	Santos, Ascalon, 1931
		–	1.8	2.53	Средиземное море, Египет	El Saby, 1934
		75.85	1.44	3.35	То же	Тот же
		76.25	1.36	2.95	Филиппинские острова	Balagtes, 1928
	Мальки	77.20	0.99	2.71	"	Valenzuela, 1928
	5	74.7	1.10	3.00	Черное море	Vintilescu, Stanciu, Opari, 1940
	5; ♂♂; без внутренностей	62.00	3.71	2.75	Австралия	Jowett, Davies, 1938
	9; ♀♀	61.73	3.85	2.71	"	Те же
	4; ♂♂; филе	67.90	1.43	3.16	"	"
	8; ♀♀; филе	68.51	1.32	3.61	"	"
		75.85	1.36	–	Филиппинские острова	Santos, Ascalon, 1931
<i>Mugil cephalus</i> (кефаль)		74.78	1.23	3.24	То же	Valenzuela, 1928
<i>Mugil saliens</i>	2	77.15	1.18	3.33	Средиземное море	El Saby, 1934
<i>Mugil</i> sp.	Целяя; сушеная	23.39	15.38	7.14	Индия	Greshoff, 1903

Таблица 278 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Место сбора	Автор
Atherinidae						
<i>Atherma</i> sp.		72.5	5.5	–	Волго-Каспийский бассейн	Осипов, 1931
Polynemidae						
<i>Polynemidae</i> (пальценер)		78.15	1.28	3.07	Филиппинские острова	Valenzuela, 1928
<i>Xystaema abbreviates</i>		75.48	1.31	3.36	"	Тот же
Ophiocephalidae						
<i>Ophiocephalus striatus</i>		80.1	0.99	2.71	Филиппинские острова	Valenzuela, 1928
		77.23	1.31	3.25	То же	Balagtes, 1928
		77.11	1.41	–	"	Santos, Ascalon, 1931
Latidae						
<i>Lates calcarifer</i> (seabass)		74.81	1.45	3.32	"	Valenzuela, 1928
Serranidae						
<i>Centropristes atrarius</i>		78.48	1.42	3.12	США	Atwater, Woods, 1896
<i>Centropristes striatus</i>	2	79.23	1.15	2.98	"	Clark, Almy, 1918
<i>Serranus cahrilla</i>		77.37	1.60	3.48	Средиземное море, Египет	El Saby, 1934
Moronidae						
<i>Labrax lupus</i>		–	1.3	2.64	То же	Тот же
		78.80	1.50	3.05	Неаполь	Carteni, Aloj, 1934
		77.12	1.18	2.92	"	Milone, 1896
<i>Labrax turdus</i>		77.53	1.29	2.95	Средиземное море	Тот же
<i>Morone americanus</i>	2	75.52	1.19	2.85	США	Atwater, 1885
<i>Morone labrax</i>		77.80	1.44	3.28	Средиземное море, Египет	El Saby, 1934
<i>Roccus americanus</i>	2	75.71	1.19	3.08	США	Atwater, Woods, 1896
<i>Roccus lineatus</i>	2	77.23	1.23	3.14	р. Потомак, США	Clark, Almy, 1918
	6	77.53	1.15	2.96	США	Atwater, Woods, 1896
Epinephelidae						
<i>Cerna gigas</i>		78.36	1.76	3.17	Средиземное море	Carteni, Aloj, 1934
		77.48	1.33	2.97	То же	Milone, 1896
<i>Epinephelus</i> sp. (?) (группер)		76.33	1.72	3.21	США	Atwater, Woods, 1896
<i>Epinephelus gigas</i>	4	78.36	1.06	3.34	"	El Saby, 1934
<i>Epinephelus morio</i>	2	79.10	1.15	3.06	"	Atwater, Woods, 1896
<i>Plectroplites ambiguus</i>		78.2	1.4	2.89	Австралия	Jowett, Davies, 1938

Полное собрание трудов академика А. П. Виноградова.
Том 1. «Химический элементарный состав организмов моря»

Таблица 278 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Место сбора	Автор
<i>Polyprion americanus</i>		74.51	1.04	2.83	–	Carteni, Aloj, 1934
<i>Polyprion cernium</i>		–	1.10	2.41	–	El Saby, 1934
		76.70	1.09	3.12	Средиземное море	Milone, 1896
Theraponidae						
<i>Therapon puta</i>		75.40	2.52	3.16	Филиппинские острова	Balagtes, 1928
		75.00	2.77	–	"	Santos, Ascalon, 1931
Centrarchidae						
<i>Eupomotis gibbosus</i>	Пресноводная	74.44	4.96	2.98	Оз. Мендота, Висконсин, США	Pearse, 1925
<i>Micropterus pallidus</i>	2; пресноводная	76.56	1.21	3.29	США	Atwater, Woods, 1896
<i>Micropterus salmoides</i>	Пресноводная	77.11	3.78	2.78	О-в Мендота, Висконсин, США	Pearse, 1925
Percidae						
<i>Acerina acerina</i>	3	–	–	3.01	–	Лахно, 1935
<i>Acerina cernua</i>		78.29	1.57	2.96	–	Ulrich, 1911
<i>Lucioperca lucioperca</i>		79.25	1.17	3.08	Дельта р. Волги	Астрахан. биол. ст., 1927
		80.0	1.5	–	Волго-Каспийский бассейн	Осипов, 1931
		80.0	1.5	–	"	Тот же
<i>Lucioperca marina</i>		78.5	1.5	3.1	"	"
<i>Lucioperca sandra</i>		79.87	1.00	3.01	–	Костычев, 1883
<i>Lucioperca sandra</i>		78.55	1.08	2.72	–	Ильин, 1911
		79.59	0.94	2.96	–	Ulrich, 1911
		77.64	1.15	2.89	–	Schulman, 1933
<i>Lucioperca volgensis</i>		80.0	1.5	2.88	Волго-Каспийский бассейн	Осипов, 1931
<i>Perca fluviatilis</i>	Пресноводная	76.21	5.09	2.44	США	Pearse, 1925
	2; пресноводная	80.70	1.15	2.08	–	Balland, 1890
		80.06	1.38	2.90	–	Almén, 1877
	8; пресноводная	79.20	1.24	3.00	США	Atwater, Woods, 1896
		79.78	1.30	2.94	Дельта р. Волги	Астрахан. биол. ст., 1927
	3; пресноводная	–	–	3.13	–	Лахно, 1935
<i>Stizostethium canadensis</i>		80.34	1.12	2.84	США	Atwater, Woods, 1896
<i>Stizostethium vitreum</i>		79.61	1.37	2.97	"	Те же
Sillaginidae						
<i>Sillaginoides ciliata</i>	Филе	76.0	1.4	–	Австралия	Jowett, Davies, 1938

Таблица 278 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Место сбора	Автор
<i>Sillago sihama</i>		73.82	1.26	2.97	Филиппинские острова	Valenzuela, 1928
Branchiostegidae						
<i>Lopholatilus chamaeleonticeps</i>		80.34	1.35	2.80	Нью-Йорк	Clark, Almy, 1918
Pomatomidae						
<i>Pomatomus saltatrix</i>		78.16	1.20	3.09	США	Atwater, 1885
	2	73.57	1.14	3.31	"	Clark, Almy, 1918
<i>Temnodon saltator</i>	5	74.81	1.11	3.58	Средиземное море, Египет	El Saby, 1934
Carangidae						
<i>Caranx chrysos</i>		77.15	1.35	3.24	Филиппинские острова	Valenzuela, 1928
<i>Caranx hippos</i>		76.86	1.29	3.42	То же	Тот же
<i>Caranx malabaricus</i>		73.28	1.73	2.96	"	Balagtes, 1928
<i>Caranx</i> sp.		76.0	1.37	3.23	"	Valenzuela, 1928
<i>Lichia glauca</i>		75.37	1.38	3.17	Средиземное море	Milone, 1896
<i>Scomheroides tol</i>		77.70	1.70	3.11	Филиппинские острова	Balagtes, 1928
		78.57	2.38	–	То же	Santos, Ascalon, 1931
<i>Scomheroides</i> sp.		77.65	1.52	3.20	"	Valenzuela, 1928
<i>Seriola dumerili</i>		73.29	0.99	2.46	Средиземное море	Milone, 1896
<i>Trachinotus carolinus</i>	2	72.65	1.00	3.00	США	Atwater, Woods, 1896
<i>Trachurus trachurus</i>		75.87	1.15	2.86	Средиземное море, Египет	Milone, 1896
Arripidae						
<i>Arripis trutta</i>	4; ♂♂	72.4	4.21	–	Австралия	Jowett, Davies, 1938
	4; ♀♀	72.1	4.36	–	"	Те же
<i>Arripis trutta</i>	4; ♂♂; без внутренних	68.3	3.78	–	Австралия	Jowett, Davies, 1938
	4; ♀♀; без внутренних	68.9	3.88	–	"	Те же
Lutjanidae						
<i>Litjanus blackfordi</i>	2	78.06	1.32	3.10	США	Atwater, Woods, 1896
		72.72	1.18	2.95	Филиппинские острова	Valenzuela, 1928
<i>Lutjanus griseus</i>		78.26	1.22	2.82	То же	Тот же
<i>Lutjanus</i> (?) sp.		78.75	1.21	3.26	"	"
Denticidae						
<i>Dentex vulgaris</i>		–	1.6	2.66	Средиземное море, Египет	El Saby, 1934
		76.35	1.64	3.43	Средиземное море	Carteni, Aloj, 1934
		76.57	1.40	3.10	То же	Milone, 1896

Таблица 278 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Место сбора	Автор
<i>Nemipferus</i> sp.		78.43	1.87	2.88	Филиппинские острова	Balagtes, 1928
Leiognathidae						
<i>Leiognathidae</i> (<i>slipmouth</i>)		79.09	1.28	3.8	То же	Valenzuela, 1928
Pomadasiidae						
<i>Haemulidae</i> (ронка)		79.64	0.98	3.02	"	Тот же
<i>Pomadasy</i> <i>argyreus</i>		75.64	3.52	2.83	"	Balagtes, 1928
		75.66	3.50	–	"	Santos, Ascalon, 1931
Pristipomatidae						
<i>Pristipoma hasta</i>		79.76	1.56	2.98	"	Balagtes, 1928
		79.2	1.53	–	"	Santos, Ascalon, 1931
Sciaenidae						
<i>Corvina nigra</i>		60.60	1.15	2.61	Средиземное море	Milone, 1896
		–	1.2	2.60	Средиземное море, Египет	El Saby, 1934
<i>Johnius belengeri</i>		80.90	1.47	2.78	Филиппинские острова	Balagtes, 1928
		79.46	1.46	–	То же	Santos, Ascalon, 1931
<i>Menticirrhus americanus</i>		75.30	1.39	2.83	Мэриленд, США	Clark, Almy, 1918
<i>Menticirrhus nebulosus</i>		78.99	1.18	3.02	США	Atwater, Woods, 1896
<i>Micropogon undulatus</i>	2	77.49	1.27	2.85	"	Clark, Almy, 1918
<i>Sciaena aquila</i>		77.51	1.36	3.26	Средиземное море	El Saby, 1934
		76.96	2.25	3.22	То же	Carteni, Aloj, 1934
		76.23	1.34	2.78	"	Milone, 1896
<i>Sciaenops ocellatus</i>		81.40	1.23	2.70	США	Atwater, Woods, 1896
<i>Umbrina cirrhosa</i>		77.50	0.76	3.40	Средиземное море	El Saby, 1934
<i>Umbrina russeli</i>		76.66	1.66	–	Филиппинские острова	Santos, Ascalon, 1931
		77.17	1.22	3.19	То же	Balagtes, 1928
<i>Umbrina russeli</i>		76.66	–	1.66	Филиппинские острова	Santos, Ascalon, 1931
Otolithidae						
<i>Cynoscion regalis</i>		78.70	1.18	2.83	США	Atwater, Woods, 1896
	2	79.02	1.23	2.83	Мэриленд, США	Clark, Almy, 1918
Sparidae						
<i>Areliosargus probatocephalus</i>	2	75.14	1.20	3.20	США	Atwater, Woods, 1896

Таблица 278 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Место сбора	Автор
<i>Caesio chrysozona</i>		79.38	1.21	3.16	Филиппинские острова	Balagtes, 1928
		78.66	1.20	–	То же	Santos, Ascalon, 1931
<i>Charax puntazzo</i>		73.55	0.86	3.02	Средиземное море	Milone, 1896
<i>Chrysophrys aurata</i>		–	1.30	3.20	Средиземное море, Египет	El Saby, 1934
		75.08	1.29	3.22	Средиземное море	Milone, 1896
<i>Pagellus acarne</i>		83.63	1.38	3.12	То же	Тот же
<i>Pagellus erythrinus</i>		76.43	1.90	3.50	"	El Saby, 1934
		75.72	1.38	3.41	"	Milone, 1896
<i>Pagellus mormyrus</i>		75.16	1.41	3.16	"	Тот же
<i>Pagrosomus auratus</i>		75.5	1.5	3.91	Австралия	Jowett, Davies, 1938
<i>Pagrus major</i>		76.78	–	3.12	Япония	Okuda, 1912
<i>Pagrus spinifer</i>	3	78.12	1.41	3.45	Средиземное море, Египет	El Saby, 1934
<i>Pagrus vulgaris</i>		74.01	1.00	3.77	То же	Тот же
<i>Sargus annularis</i>		77.16	1.19	3.19	Средиземное море	Milone, 1896
<i>Sargus rundeletii</i>		77.64	1.91	3.19	То же	Тот же
		75.51	1.87	3.15	"	Carteni, Aloj, 1934
		–	1.90	3.18	Средиземное море, Египет	El Saby, 1934
<i>Sargus vulgaris</i>		77.28	2.45	3.60	То же	Тот же
<i>Sparus aurata</i>		76.80	1.80	3.44	Средиземное море	"
<i>Sparus calamara</i>		75.75	1.33	–	Филиппинские острова	Santos, Ascalon, 1931
<i>Sparus calamara</i>		75.78	1.34	3.35	Филиппинские острова	Balagtes, 1928
<i>Sparus sp.</i>		77.37	1.39	3.18	То же	Valenzuela, 1928
<i>Stenotomus argyrops</i>	3	74.94	1.38	2.99	США	Atwater, Woods, 1896
<i>Stenotomus chrysops</i>		76.61	1.37	3.02	Род-Айленд, США	Clark, Almy, 1918
Maenidae						
<i>Maena zebra</i>		78.97	2.45	2.59	Средиземное море	Carteni, Aloj, 1934
		75.43	1.38	3.50	То же	Milone, 1896
<i>Smaris vulgaris</i>		70.80	2.09	3.88	"	Тот же
	Мальки	64.62	1.99	4.99	"	"
Mullidae						
<i>Mullus sp.</i>		76.79	–	–	–	Книпович, 1922–1924

Таблица 278 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Место сбора	Автор
<i>Mullus (rouget gris)</i>		73.50	1.30	2.88	Средиземное море	Balland, 1890
<i>Mullus (rouget ordinaire)</i>		72.80	1.08	3.63	–	Balland, 1898a
<i>Mullus barbatus</i>		76.66	1.33	3.08	Средиземное море	Milone, 1896
		71.84	1.67	2.83	То же	Тот же
	3	79.03	3.22	2.03	Средиземное море, Египет	El Saby, 1934
		74.70	1.05	3.08	–	Balland, 1890
		–	–	3.62	Средиземное море	Carteni, Aloj, 1934
<i>Mullus surmuletus</i>		77.60	1.31	3.19	То же	Те же
		74.48	1.44	–	"	Milone, 1896
	Мальки	75.32	3.33	3.13	"	Тот же
	Мальки	79.96	4.0	2.70	"	Carteni, Aloj, 1934
Girellidae						
<i>Box boops</i>		74.72	1.42	3.41	"	Milone, 1896
		73.79	2.30	3.06	"	Carteni, Aloj, 1934
<i>Box salpa</i>		74.22	1.43	3.35	"	Те же
		–	1.40	2.80	Средиземное море, Египет	El Saby, 1934
		76.57	1.23	3.12	Средиземное море	Milone, 1896
<i>Oblada melanura</i>		76.38	1.31	3.36	То же	Те же
Drepanidae						
<i>Drepane punctata</i>		78.51	1.22	3.02	Филиппинские острова	Valenzuela, 1928
		79.69	1.23	3.11	То же	Balagtes, 1928
		77.66	1.07	–	"	Santos, Ascalon, 1931
Scatophagidae						
<i>Scatophagus argus</i>		72.24	1.08	3.21	"	Valenzuela, 1928
		77.47	2.06	2.50	"	Balagtes, 1928
		77.50	2.50	–	"	Santos, Ascalon, 1931
Chaetodontidae						
Chaetodontidae (?)		75.12	1.32	3.25	Филиппинские острова	Valenzuela, 1928
Cichlidae						
<i>Tilapia nilotica</i>		81.03	1.53	3.00	Средиземное море, Египет	El Saby, 1934
Pomacentridae						
<i>Heliases chromis</i>		74.95	1.96	3.18	Средиземное море	Milone, 1896
Labridae						
<i>Coris giofredi</i>		76.04	2.68	3.01	То же	Тот же
<i>Crenilabrus (Bodianus) pavo</i>		77.19	1.30	3.62	"	"

Таблица 278 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Место сбора	Автор
<i>Tautoga onitis</i>		80.00	1.40	2.93	США	Clark, Almy, 1918
	4	78.91	1.08	2.98	"	Atwater, Woods, 1896
Sparisomidae						
<i>Scarichthyidae</i>		75.76	1.46	3.36	Филиппинские острова	Valenzuela, 1928
Trachinidae						
<i>Trachinus draco</i>		75.97	1.41	3.10	Средиземное море	Milone, 1896
		84.20	0.72	2.20	То же	Balland, 1890
Uranoscopidae						
<i>Uranoscopus scaber</i>		78.71	1.13	2.77	"	Milone, 1896
Ophidiidae						
<i>Ophidium barbatum</i>		77.95	1.71	3.22	"	Тот же
Callionymidae						
<i>Callionymus lyra</i>	После икрометания	(Сухое вец.)		8.24	Ла-Манш	Cooper, 1939
Acanthuridae						
<i>Siganus javus</i>		74.35	1.37	3.07	Филиппинские острова	Valenzuela, 1928
Gempylidae						
<i>Thyrsites atun</i>	2	71.0	1.2	3.39	Австралия	Jowett, Davies, 1938
Trichiuridae						
<i>Lepidopus caudatus</i>		72.82	1.42	3.33	Средиземное море	Milone, 1896
Scombridae						
<i>Cybium maculatum</i>		67.77	1.49	3.41	США	Atwater, Woods, 1896
<i>Scomber japonicus</i>		75.30	1.51	3.43	Филиппинские острова	Balagtes, 1928
		74.80	1.52	–	То же	Santos, Ascalon, 1931
<i>Scomber microlepidotus</i>		73.85	1.05	3.65	"	Valenzuela, 1928
<i>Scomber scombrus</i>		68.28	1.85	3.74	"	Payen, 1865
		72.23	1.37	3.85	Средиземное море	Milone, 1896
		64.43	1.70	3.22	–	Almén, 1877
<i>Scomber scombrus</i>	8	64.51	1.32	2.65	–	Озецкий, Кефер, Мангуба, 1936
		70.80	1.38	3.02	–	Хлопин
		–	2.6	1.4	Средиземное море, Египет	El Saby, 1934
	6	73.09	1.25	2.98	США	Atwater, Woods, 1896
		68.42	1.40	3.70	Средиземное море	Carteni, Aloj, 1934
		73.13	1.09	2.65	–	Williams, 1911

Таблица 278 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Место сбора	Автор
		67.60	1.41	2.50	–	Balland, 1890
	5	70.3	1.3	3.3	Черное море	Vintilescu, Stanciu, Opari, 1940
		73.4	0.9	2.9	Средиземное море	Issoglio, 1927
<i>Scomberomorus</i> sp.		75.66	1.32	3.24	Филиппинские острова	Valenzuela, 1928
		65.65	1.16	3.11	Массачусетс, США	Clark, Almy, 1918
Xiphiidae						
<i>Xiphias gladius</i>		76.07	1.55	2.88	Средиземное море	Milone, 1896
		75.29	1.22	3.25	То же	Carteni, Aloj, 1934
		77.52	1.40	3.22	Филиппинские острова	Valenzuela, 1928
<i>Xiphias gladius</i>		77.52	1.40	3.28	Филиппинские острова	Valenzuela, 1928
Stromateidae						
<i>Poronotus triacanthus</i>	2	72.16	1.45	2.91	США	Clark, Almy, 1918
		69.86	1.14	2.85	"	Atwater, Woods, 1896
Anabantidae						
<i>Anabas testudineus</i>		78.62	1.09	3.00	Филиппинские острова	Valenzuela, 1928
		78.62	1.09	3.00	То же	Тот же
		75.19	1.97	2.97	"	Balagtes, 1928
Gobiidae						
<i>Benthophilus eichwaldi</i>		81.00	4.5	–	Волго-Каспийский бассейн	Осипов, 1931
<i>Glossogobius giuris</i>		79.36	1.46	2.74	Филиппинские острова	Balagtes, 1928
		81.03	0.95	2.94	То же	Valenzuela, 1928
		78.57	2.38	–	"	Santos, Ascalon, 1931
<i>Gobius jozo</i>		77.19	1.43	3.19	Средиземное море	Milone, 1896
<i>Gobius melanostomus</i>		82.06	1.46	2.40	–	Озецкий, Кефер, Мангуба, 1936
<i>Gobius paganellus</i>		76.99	2.92	3.10	Средиземное море	Carteni, Aloj, 1934
<i>Gobius</i> sp.	Мякоть	81.00	1.50	–	Волго-Каспийский бассейн	Осипов, 1931
	Целая	78.00	5.00	–	То же	Тот же
<i>Latrunculus pellucidus</i>		–	1.00	2.68	Средиземное море, Египет	El Saby, 1934
<i>Latrunculus pellucidus</i>		81.64	1.01	2.69	Средиземное море	Milone, 1896
<i>Oxyurichthys ophthalmonema</i>		81.82	1.91	2.48	Филиппинские острова	Balagtes, 1928

Таблица 278 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Место сбора	Автор
Scorpaenidae						
<i>Scorpaena porcus</i>		77.98	2.07	3.10	Средиземное море, Египет	Carteni, Aloj, 1934
		–	2.10	2.60	То же	El Saby, 1934
		78.63	1.13	3.12	Средиземное море	Milone, 1896
<i>Scorpaena scrofa</i>		79.54	1.03	3.30	То же	Тот же
Triglidae						
<i>Trigla corax</i>		79.41	1.02	2.73	"	
		74.22	1.29	2.79	"	Ulrich, 1911
Ophiodontidae						
<i>Ophiodon elongatus</i>		–	1.2	2.89	Канада	White, 1936b
	Кожа	–	2.5	4.78	–	Тот же
Platycephalidae						
<i>Neoplatycephalus Macrodon</i>		79.1	1.00	–	Австралия	Jowett, Davies, 1938
<i>Platycephalus</i> sp. (плоскоголов)		79.19	1.12	3.20	Филиппинские острова	Valenzuela, 1928
<i>Platycephalus indicus</i>		78.41	1.38	3.11	То же	Balagtes, 1928
		78.00	1.00	–	"	Santos, Ascalon, 1931
Hemipteridae						
<i>Hemipterus japonicus</i>		76.55	1.57	2.89	Филиппинские острова	Balagtes, 1928
Thunnidae						
<i>Auxis basus</i>		67.75	1.20	3.97	Средиземное море	Milone, 1896
<i>Germo alalunga</i>		72.91	1.22	3.66	Филиппинские острова	Valenzuela, 1928
	5	66.55	1.33	4.09	США	Dill, 1921a
<i>Germo germo</i>		65.0	1.3	–	Австралия	Jowett, Davies, 1938
<i>Germo macropterus</i>	5	72.63	1.40	3.95	США	Dill, 1921a
<i>Gymnosarda affinis</i>		69.37	–	4.48	Япония	Okuda, 1912
		72.16	–	–		Тот же
<i>Gymnosarda pelamis</i>	2	65.94	1.35	4.06	Тихоокеанское побережье	Dill, 1921a
<i>Pelamys sarda</i>		74.78	1.47	3.72	Средиземное море	Carteni, Aloj, 1934
		–	1.50	3.00	Средиземное море, Египет	El Saby, 1934
		64.53	1.27	4.19	Средиземное море	Milone, 1896
<i>Sarda chiliensis</i>	2	66.33	1.40	3.62	Тихоокеанское побережье	Dill, 1921a
<i>Sarda sarda</i>		73.34	1.74	3.82	Нью-Йорк, США	Clark, Almy, 1918
<i>Thunnus maccoyii</i>		70.6	1.3	–	Австралия	Jowett, Davies, 1938
<i>Thunnus schlegeli</i>		74.40	–	–		Okuda, 1916
		73.5	–	3.54	–	Тот же

Таблица 278 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Место сбора	Автор
<i>Thunnus thunnina</i>		67.67	1.30	3.30	Япония	Milone, 1896
<i>Thunnus thunnus</i>		69.06	1.38	3.97	Средиземное море, Египет	Dill, 1921a
		70.68	–	4.36	–	Suzuki, Yoshimura, Jamakawa, Irie, 1909
		70.77	1.25	4.40	Средиземное море	Carteni, Aloj, 1934
<i>Thunnus vulgaris</i>		–	1.2	4.01	Средиземное море, Египет	El Saby, 1934
		65.45	1.56	4.27	То же	Milone, 1896
Bothidae						
<i>Arnoglossus rossii</i>		78.90	1.20	2.64	Средиземное море	Тот же
<i>Bothus moeotieus</i>		81.65	1.45	3.12	–	Woynoff, 1935
<i>Citharus linguatula</i>		73.55	1.92	3.19	Средиземное море	Milone, 1896
Paralichthyidae						
<i>Paralichthys dentatus</i>	2	84.00	1.28	2.24	США	Atwater, Woods, 1896
<i>Pseudorhombus cinnamomeus</i>		80.0	1.20	3.20	"	Kondo, 1936
<i>Pseudorhombus neglectus</i>		80.13	1.56	2.79	Филиппинские острова	Balagtes, 1928
		80.13	1.55	–	То же	Santos, Ascalon, 1931
<i>Rhombus laevis</i>		78.36	1.75	3.10	Неаполитанский залив	Carteni, Aloj, 1934
<i>Rhombus laevis</i>		78.75	1.54	2.99	Средиземное море, Египет	Milone, 1896
		–	2.60	1.70	То же	El Saby, 1934
Pleuronectidae						
<i>Platessa vulgaris</i>		79.85	1.36	2.71	–	Ulrich, 1911
<i>Pleuronectes americanus</i>		83.92	1.19	2.33	США	Atwater, Woods, 1896
<i>Pleuronectes flesus</i>	8	83.45	1.20	2.35	Черное море	Озецкий, Кефер, Мангуба, 1936
		84.00	1.28	2.23	–	?
	2	80.30	1.25	2.55	США	Clark, Almy, 1918
<i>Pleuronectes limanda</i>		79.41	1.94	2.90	–	Payen, 1865
	2	83.10	1.70	2.20	–	Balland, 1890
		78.32	3.45	2.79	–	Weigelt, 1891
		78.11	0.97	2.44	–	Williams, 1911
<i>Pleuronectes platessa</i>		79.12	3.58	2.73	–	Sempolowski, 1889
		79.86	0.82	2.40	–	Williams, 1911
		76.81	1.16	3.19	Филиппинские острова	Valenzuela, 1928

Таблица 278 (окончание)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Место сбора	Автор
<i>Pleuronectes platessa</i>		77.39	1.46	3.20	–	Almén, 1877
		79.50	1.55	2.62	–	Balland, 1890
		80.83	1.00	2.64	–	Balland, 1890
<i>Pseudopleuronectes americanus</i>		83.22	1.19	1.31	США	Atwater, 1885
	2	80.48	1.25	2.55	Нью-Йорк, США	Clark, Almy, 1918
Hippoglossidae						
<i>Hippoglossus americanus</i>	3	75.24	1.06	2.98	США	Atwater, 1885
<i>Hippoglossus groenlandicus</i>		71.39	1.28	2.36	"	Тот же
<i>Hippoglossus hippoglossus</i>		74.46	1.05	3.25	Средиземное море	Williams, 1911
		77.60	0.74	2.90	–	Balland, 1890
		76.77	1.13	3.29	–	König, Splittberger, 1909
Soleidae						
<i>Solea impar</i>		78.50	2.13	3.40	Неаполитанский залив	Carteni, Aloj, 1934
		–	3.19	2.10	Средиземное море, Египет	El Saby, 1934
<i>Solea lascaris</i>	3	77.87	1.23	3.52	То же	Тот же
<i>Solea vulgaris</i>		86.14	1.23	1.98	–	Payen, 1865
		79.20	0.57	2.89	–	Williams, 1911
		79.20	1.62	2.75	–	Balland, 1890
		78.78	1.15	3.60	Средиземное море	Milone, 1896
Lophiidae						
<i>Lophius budegassa</i>		81.43	0.92	2.46	То же	Тот же
		83.60	1.21	2.44	"	Carteni, Aloj, 1934
<i>Lophius piscatorius</i>		85.28	3.19	1.04	–	Weigelt, 1891

* Британская Колумбия.

Уже первое ознакомление с данными по химическому составу рыб сравнительно с составом беспозвоночных открывает много нового. С одной стороны, мы замечаем увеличение содержания в тканях рыб N, P, а с другой – уменьшение содержания S и значительное понижение содержания ряда тяжелых металлов, таких как Fe, Mn, Cu, Zn и т. д. Целый ряд металлов (и металлоидов) находится в концентрациях, лишь близких к таковым у некоторых беспозвоночных. Происходит полное изменение состава скелета, состава крови и т. д.

Морская вода, несомненно, накладывает отпечаток на характер состава морских рыб по сравнению с пресноводными. В этом отношении в морских рыбах находим относительно более высокую концентрацию рассеянных химических элементов – Br, F, B, I, Li, Sr и некоторых др. Наконец, явно обнаруживаются различия в составе видов из различных семейств и отрядов. Ко всем этим вопросам мы более подробно вернемся в последующих главах.

2. Содержание H₂O

За очень редкими исключениями, определения H₂O в рыбах относятся к мышечной ткани (мясу, съедобным частям и т. п.). Методы, обычно употребляемые для определения H₂O в рыбах, позволяют считать, что эти определения H₂O имеют точность, колеблющуюся в пределах $\pm 2\%$.

Можно считать далее, что среди Vertebrata рыбы содержат наибольшее количество H₂O – ориентировочно около 80–85%, тогда как птицы содержат в среднем около 70%, а млекопитающие занимают в этом смысле среднее положение – около 75% H₂O. Надо подчеркнуть, что эти средние цифры указывают лишь на разные уровни содержания H₂O в разных классах Vertebrata. В действительности же, как мы сейчас увидим, у разных видов рыб количество H₂O заметно различное и изменяется в зависимости от целого ряда условий – от пола организма, возраста, сезона и т. п. Но все эти изменения, как мы увидим ниже, имеют закономерный характер. В общем, количество воды у рыб – в их тканях – обратно содержанию жира. Очень часто с практическими целями пользовались несложной формулой, выражающей состав рыб (мышечной ткани главным образом):

$$\text{H}_2\text{O} + \text{органическое вещество} + \text{жир} + \text{зола} = 100.$$

Зольный остаток, как правило, составляет для мышечной ткани рыб 1–2% и часто не принимается во внимание. Мы оставляем в стороне данные по содержанию H₂O, полученные еще в начале прошлого (XIX в. – *Прим. ред.*) века [см. у John (1814), Payen (1843)].

В таблице 278 приведены более современные многочисленные данные по содержанию H₂O (одновременно и по содержанию N и золы) в рыбах разных видов⁵ и из разных мест (см. также табл. 279). Помимо серийных определений, произведенных в свое время Milone (1896), Balland (1898a) и др., а также определений, вошедших в эту таблицу, можно еще указать на отдельные данные по содержанию H₂O, N, золы в рыбах, имеющиеся в работах Limpricht (1863); Vernon (1895); Lichtenfelt (1904); Окунева (1911); Lipschitz (1911); Колчева (1924); Boury (1934); Erel, Yurd (1940); Hartley (1941); Reay, Cutting, Shewan (1943); McCance (1944) и van Wyk (1944).

Таблица 279
Содержание H₂O в рыбах (мягкие части, мышцы), по Yamamura, 1936

Вид	H ₂ O, %	Вид	H ₂ O, %
<i>Cynias manazo</i>	78.4	<i>Nibea schlegeli</i>	78.3
<i>Centrophorus japonicus</i>	79.9	<i>Pagrosomus major</i>	79.8
<i>Pterothrissus gissu</i>	81.0	<i>Scomber japonicus</i>	64.1
<i>Clupea pallasii</i>	76.9	<i>Scomberomorus niphonius</i>	64.2
<i>Sardinia melanostica</i>	76.4	<i>Makaira mitsukurii</i>	66.5
<i>Anguilla japonicus</i>	48.9	<i>Stromateoides argenteus</i>	77.1
<i>Hyporhamphus sajori</i>	82.4	<i>Scorpaena neglecta</i>	83.1
<i>Gadus macrocephalus</i>	82.5	<i>Chelidonichthys kumu</i>	78.5
<i>Beryx splendens</i>	77.3	<i>Thunnus orientalis</i>	73.0
<i>Niphon spinosus</i>	78.5	<i>Paralichthys olivaceus</i>	79.7

⁵ См. анализы *Osphromenus trichopterus*, *Ophiocephalus striatus*, *Otolithus argenteus*, *Dussumieria hasseltii* и *Spratella kowala*.

Таблица 279 (окончание)

Вид	H ₂ O, %	Вид	H ₂ O, %
<i>Epinephelus Septemfasciatus</i>	79.8	<i>Microstomus kitaharae</i>	80.1
<i>Sillago sihama</i>	78.8	<i>Kareius bicoloratus</i>	77.0
<i>Branchiostegus japonicus</i>	79.8	<i>Varasper variegatus</i>	85.5
<i>Scombrops boops</i>	78.0	<i>Lophiomus setigerus</i>	82.5
<i>Trachurus japonicus</i>	76.6	<i>Gnemicus [sic] japonicus</i>	83.1
<i>Seriola quenqueradiata</i>	62.4	<i>Septocephalus</i> (? = <i>Leptocephalus</i>) мур	79.5

Известно еще больше данных по содержанию H₂O (и других химических веществ) в обработанных рыбах (в рыбных пищевых продуктах), которые можно найти в огромном количестве у таких авторов, как Kellner (1878); Atwater (1885); Кьяницын (1887); Martelli (1895); König (1903); Greshoff (1903 [рыбы Индии – *Scomber kanagurta*, *Spratella kowala*]); Ильин (1911); Hollande (1913); Lindemuth (1915); Tressler (1923); Adriano (1925); Clark, Clough (1926); Daniel, McCollum (1931); Осипов (1931); Adriano, De Guzman (1931, 1932); Harry (1936) и др. (табл. 280).

Таблица 280
Среднее содержание H₂O, N и минеральных веществ
в некоторых видах рыб (мышцы, мягкие части)

Вид	Число анализов	H ₂ O, %	N, %	Зола, %
<i>Clupea harengus</i> (Clupeidae)	39	71.44	3.05	2.00
<i>Saimo salar</i> (Salmonidae)	19	68.40	2.38	1.32
<i>Cyprinus carpio</i> (Cyprinidae)	26	77.5	2.40	1.28
<i>Esox lucius</i> (Esocidae)	10	80.00	2.86	1.14
<i>Anguilla vulgaris</i> (Anguillidae)	14	65.42	2.42	1.70
<i>Gadus aeglefinus</i> (Gadidae)	17	77.60	2.88	1.63
<i>Scomber scombrus</i> (Scombridae)	22	69.17	2.82	1.53
<i>Pleuronectes platessa</i> (Pleuronectidae)	6	79.09	2.67	1.60

Имея в виду те замечания, которые мы сделали по поводу точности существующих определений H₂O в рыбах, мы можем все же совершенно определенно заметить, что рыбы из семейств Gadidae, Pleuronectidae, Lophiidae содержат в мышечной ткани наибольшие количества воды – 80% и более; рыбы ряда других семейств, например, Anguillidae, Sparidae, Clupeidae, Scombridae содержат H₂O около 75% или даже менее.

Эти средние данные (табл. 281) интересно сравнить с данными (см. табл. 279), полученными одним и тем же исследователем [например, Yamamura (1936) – по содержанию H₂O в 33 разных видах рыб]. В этом случае имеется известная гарантия в правильности данных благодаря единообразию метода определения H₂O.

Здесь наблюдается совершенно та же правильность по содержанию воды у разных видов. Большой дифференциации в содержании H₂O у разных видов рыб сейчас было бы невозможно найти, так как вполне надежных в этом смысле данных недостаточно. Содержание H₂O у одного и того же вида рыб из разных мест (взятых в одно и то же время, одного и того же пола и т. д.) практически не различается – см. многочисленные определения H₂O, N, золы у видов *Oncorhynchus* и *Salmo* с Аляски и из других мест США (см. табл. 278), сделанные Shostrom, Clough, Clark (1924) и др.

Таблица 281
Содержание H₂O, N, минеральных веществ в икре и молоках рыб
(в % живого вещества)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Автор
Икра					
<i>Heptanchias deani</i>		47.10	0.83	4.00	Опо, 1940
<i>Seyllium caniculata</i>		48.6	2.33	–	Wetzel, 1907
		53.15	0.93	–	Ford, 1920
		79.54	0.42	–	Тот же
		46.40	1.07	–	"
<i>Acanthias vulgaris</i>		52.68	2.03	–	Zdarek, 1904
<i>Raja oxyrhynchus</i>	2; желток	64.0	1.0	4.6	Schmidt-Nielsen, Stene, 1931b
	2; белок	96.0	2.68	0.2	Те же
Elb-kaviar		49.26	4.70	3.7	Farnsteiner, Lendrich, Buttenberg, Kickton, Klassert, 1903–1904
<i>Acipenser acipenser</i>		56.97	2.31	4.00	Костычев, 1883
	2	62.33	1.72	3.64	Buttenberg, 1900–1902
		52.20	–	4.0	Linnert, 1909
<i>Acipenser güldenstädti</i>		55.0	2.0	4.01	Осипов, 1931
		56.52	4.41	3.98	Астраханская биостанция, 1927
<i>Acipenser stellatus</i>	2	51.25	–	4.34	Миндер, 1933
	2	49.94	4.03	4.45	Астраханская биостанция, 1927
	2	53.84	7.86	–	Лидов, 1880
		52.0	9.0	4.48	Осипов, 1931
<i>Huso huso</i>		57.0	1.50	4.01	Тот же
<i>Lepidosteus platystomus</i>		53.9	0.42	4.39	Nelson, Greene, 1921
<i>Alosa communa</i>		71.10	1.24	3.32	Balland, 1890
<i>Alosa sapidissima</i>		71.15	–	3.34	Atwater, 1885
<i>Clupea harengus</i>		65.0	–	–	Hugouneauq, 1904
		60.0	–	–	Rewald, 1929
		71.71	–	–	Stendel, Osato, 1923b
<i>Clupea pilchardus</i>		70.30	1.35	3.40	Balland, 1890
<i>Coregonus eperlanus</i>		66.0	1.07	3.43	Тот же
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>		57.68	0.66	4.28	Greene, 1921
<i>Salmo</i> sp.		63.0	–	–	Paton, 1897
<i>Salmo fario</i> (?)		58.5	1.25	4.79	Fauré-Fremiet, Garrault, 1922a
		61.40	2.26	–	Balland, 1898b
		67.1	–	–	Kronfeld, Scheminzki, 1926
<i>Salmo trutta</i>	4	65.97	–	4.0	Tangl, Farkas, 1904
<i>Salmo trutta m. lacustris</i>		67.78	–	3.4	Сканави-Григорьева, 1944
<i>Salvelinus fontinalis</i>	2	72.6	–	–	McClendon, 1915

Таблица 281 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Автор
		67.17	1.25	4.11	Pearse, 1925
		(83.56)	–	1.89	Gortner, 1913
		60.30	–	–	Milroy, 1898
<i>Abramis brama</i>		64.9	1.40	4.14	Вещезеров, 1933
<i>Cyprinus carpio</i>		66.3	2.00	4.01	Fauré-Fremiet, Garrault, 1922a
		73.96	2.20	3.48	Астраханская биостанция, 1927
		64.08	0.82	(2.3)	Gobley, 1850
		72.18	0.91	3.1	Попов, 1882
		70.0	2.0	3.8	Осипов, 1931
		67.7	–	4.0	Вещезеров, 1933
<i>Rutilus rutilus caspicus</i>		67.0	2.0	4.3	Осипов, 1931
		71.15	2.00	3.88	Астраханская биостанция, 1927
<i>Siluris glanis</i>		61.0	–	4.38	Вещезеров, 1933
<i>Ameiurus</i> sp. (bullhead)		–	4.82	–	Rimini, 1903a
<i>Esox lucius</i>		69.20	2.40	4.33	Астраханская биостанция, 1927
		68.50	–	–	McCrudden, 1921
		67.0	2.5	4.3	Осипов, 1931
<i>Brosimius vulgaris</i>		66.03	2.16	4.78	Solberg, 1908
<i>Gadus morhua</i>		66.03	2.16	–	Тот же
		94.67	–	0.60	Levene, 1899
<i>Lucioperca</i> sp.		70.13	1.29	2.70	Шульман, 1933
		71.0	2.0	4.02	Осипов, 1931
<i>Perca fluviatilis</i>		56.28	0.92	2.2	Pearse, 1925
<i>Thunnus</i> sp. (tunnyfish)		–	3.67	–	Rimini, 1903a
Белок яйца (икры)					
<i>Mustelus laevis</i>		92.10	–	0.63	Perugia, 1880
<i>Galeus canis</i>		93.80	–	0.84	Тот же
<i>Squalus acanthias</i>		88.75	–	1.87	"
<i>Clupea harengus</i>		70.04	–	–	Milroy, 1898
<i>Salmo</i> sp.		56.70	–	–	Тот же
		60.90	–	–	"
<i>Barbus</i> sp.		73.5	–	–	McCrudden, 1921
<i>Silurus</i> sp. (catfish)		71.30	–	–	Milroy, 1898
<i>Anguilla anguilla</i>		57.70	–	–	Тот же
<i>Gadus aeglefinus</i>		91.86	–	–	Milroy, 1898
<i>Gadus morrhua</i>		91.14	–	–	Тот же
<i>Molva vulgaris</i>		85.20	–	–	"
<i>Cottus scorpio</i>		74.46	–	–	"
<i>Neoliparis atlantius</i> (lumpsucker)		70.46	–	–	"
<i>Microstomus kitt</i>		90.00	–	–	"
<i>Pleuronectes</i> sp. (whiting)		96.41	–	–	"
<i>Pleuronectes platessa</i>		92.2	–	–	Dakin, 1931

Таблица 281 (окончание)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	N	Автор
		91.66	–	–	Milroy, 1898
<i>Pleuronectes</i> sp.		87.70	–	–	Тот же
<i>Lophius piscatorius</i>		68.70	–	–	
Молоки рыб (сперма)					
<i>Acipenser güeldenstädti</i>		72.26	1.70	2.52	Астраханская биостанция, 1927
<i>A. cipenser stellatus</i>		68.85	0.90	2.93	Тот же
		55.60	1.70	2.44	Миндер, 1933
<i>Clupea harengus</i>		69.22	1.38	4.21	König, Grossfeld, 1913
		75.62	2.21	2.84	Те же
<i>Salvelinus fontinalis</i>		63.85	1.63	4.45	"
<i>Abramis brama</i>		74.9	–	2.14	Вещезеров, 1933
<i>Cyprinus carpio</i>		75.1	–	2.97	Тот же
		66.15	1.40	4.43	König, Grossfeld, 1913
		78.47	2.34	2.56	Те же
		74.12	2.08	3.44	Астраханская биостанция, 1927
<i>Silurus glanis</i>		76.4	–	2.10	Вещезеров, 1933
<i>Esox lucius</i>		63.53	2.06	4.5	König, Grossfeld, 1913
<i>Gadus morhua</i>		70.36	2.06	4.01	Rimini, 1903a
		73.98	1.24	3.55	König, Grossfeld, 1913

Таблица 282

Изменение состава икринки *Cyprinus carpio* в течение развития, по Nowak (в % живого вещества)

Дни	H ₂ O	Зола	N	Дни	H ₂ O	Зола	N
Желток				Эмбрион			
1	75.52	0.79	2.84	1	87.62	0.56	0.75
2	81.72	0.59	2.06	2	89.99	0.56	1.53
3	79.74	0.66	0.66	3	90.55	–	1.11
4	84.53	0.53	0.21	4	90.85	0.35	1.06
5	84.5	0.12	0.23	5	90.71	0.49	1.15

У одного и того же вида содержание H₂O в теле меняется прежде всего по мере развития рыбы от икринок к малькам и взрослым особям. Икра рыб⁶ в целом, как видно из таблицы 281, содержит значительно меньше H₂O, чем взрослая рыба, иногда всего 40%. Содержание воды в отдельных частях икринки рыб различно, а именно: наибольшее количество H₂O находится в белковой внешней ее части, что особенно резко заметно у пелагических икринок, меньше у демерсальных икринок [см. анализы Milroy (1898), Perugia (1880) и др.] и очень мало в желтке.

⁶ Известны многочисленные анализы консервированной рыбьей икры – см. Rimini (1903a, b), König (1903) и др.

Отметим, что молоки (и особенно сперма рыб), в противоположность икре, содержат воды столько же в среднем, сколько и мышечная ткань тех же рыб. С момента оплодотворения икра начинает развиваться, и количество H₂O и солей, адсорбирующихся из окружающей среды, повышается до известного предела. Содержание H₂O (а также золы, N) в оплодотворенных икринках рыб в течение периода инкубации (до стадии образования личинок) практически остается постоянным. Так, например, Nowak (1935) нашел, что в икре карпа содержание H₂O, N и золы (определения были сделаны в 4 разных пробах) в течение 5 дней оставалось постоянным: в среднем H₂O – 87.12, зола – 1.38 и N – 1.47% (табл. 282). Совершенно аналогичное наблюдал и Hayes (1930) для икринок *Salmo*. Резкое увеличение содержания воды наблюдается у личинки с первых же дней. В стадии желткового мешка (Dottersackperiode) в желтке и белке икринки количество воды увеличивается, причем общее количество воды вначале распределено почти поровну между желтком и белком, к концу 5-го дня (например, у *Cyprinus carpio*) перераспределяется таким образом, что в желтке H₂O – 22.3%, а в эмбрионе – 77.7% общего содержания воды в личинке. У взрослых рыб при одних и тех же условиях в течение 6–8 лет их жизни (в этих пределах известны наблюдения) резкого изменения содержания H₂O с возрастом не наблюдалось (табл. 283, 284).

Таблица 283
Изменение содержания H₂O (в %) в развивающейся икринке *Salmo*, по Hayes, 1940

Дни	H ₂ O	Дни	H ₂ O	Дни	H ₂ O	Дни	H ₂ O
36	67.3	60	66.0	76	67.0	100	71.1
40	67.2	65	67.9	79	67.3	106	72.7
44	67.6	65	64.5	86	68.6	111	72.3
64	69.5	70 (личинка)	69.5	90	69.4	116	74.1
50	67.8	75	66.8	94	69.7	124	76.5
55	67.5						

Таблица 284
Изменение химического состава рыб с возрастом (мышцы, мягкие части) (в % живого вещества)

Вид	H ₂ O	N	Зола	Возраст	Авторы
<i>Clupea harengus</i>	59.4			2.25 года	Lovern, Wood, 1937
	59.2			2.5 "	
	69.6			2.75 "	
	72.0			3 "	
	76.1			3 "	
	71.9			4 "	
	78.3			4 "	
<i>Cyprinus carpio</i>	80.5			5 месяцев	Reuss, 1908

Таблица 284 (окончание)

Вид	H ₂ O	N	Зола	Возраст	Авторы
	78.8			1.5 года	
	78.0			2.5 "	
<i>Anguilla anguilla</i> *	78.92			(civelles)	Vaillant, 1903
	79.12	2.70		(montée)	
	76.51			(anguilles, poulettes)	

* McCance (1944) заметил, что молодой угорь содержал больше воды, чем старый.

По Книповичу, в икре керченской сельди (Азовское море) было 62.5% H₂O, в мальках – 76.5%, у годовика – 79.02, у взрослой рыбы – 71.6; у малька камбалы – 79.1% H₂O, у годовика – 84.0%, а у взрослой рыбы – 72.8% H₂O. У взрослых особей содержание воды закономерно меняется в зависимости от ряда других условий. Представление о сезонных колебаниях в содержании H₂O в рыбах дает таблица 285.

Таблица 285

Сезонные изменения в химическом составе рыб (мягкие части)
(H₂O, минеральные вещества, N, в % живого вещества)

Вид	Комментарий	H ₂ O	N	Зола	Время года, месяцы	Автор
<i>Clupea harengus</i>		71.9	3.00	–	VI 20, 1934	Bahr, 1935
		63.9	3.10	–	25	
		64.3	3.08	–	VII 2	
		61.3	3.47	–	7	
		63.4	3.12	–	11	
		65.5	3.08	–	20	
		64.2	3.11	–	VIII 1	
		60.2	2.96	–	10	
		63.3	3.08	–	20	
		61.2	3.00	–	IX 1	
		62.1	3.00	–	17	
		65.0	3.00	–	21	
		64.1	2.70	–	25	
		64.1	2.78	–	X 2	
		61.1	2.78	–	10	
		65.2	2.90	–	20	
		65.1	2.90	–	30	

Таблица 285 (продолжение)

Вид	Комментарий	H_2O	N	Зола	Время года, месяцы	Автор
		67.7	3.14	–	XI 10	
		72.0	3.02	–	24	
<i>Sardinia caerulea</i>		73.9	3.03	2.47	IV, 1935	Lepierre, 1936
		71.1	3.20	2.23	V	
		65.2	4.23	3.10	VI	
		66.7	3.92	2.61	VII	
		64.0	2.98	2.09	VIII	
		60.55	2.50	1.81	IX	
		61.28	3.09	1.92	X	
		57.20	3.46	1.88	XI	
		61.04	3.15	2.75	XII	
		65.5	2.98	2.33	I, 1936	
		74.8	2.98	2.85	II	
		76.6	2.91	2.76	III	
<i>Sardinia caerulea</i>		61.7	–	–	I, 1934	Wagner, 1934
		72.1	–	–	II	Lepierre, 1936
		73.9	–	–	III	
		72.5	–	–	IV	
		70.0	–	–	V	
		68.0	–	–	VI	
		67.16	–	–	VII	
		61.4	–	–	VIII	
		61.2	–	–	IX	
		61.88	–	–	X	
		58.0	–	–	XI	
		62.5	–	–	XII	
<i>Sardinia caerulea</i> (длина – 40 см)		79.22	3.15	–	II	Dill, 1921b
		77.02	3.34	–	IV	
		76.43	3.32	–	V	
		74.15	3.37	–	VII	

Таблица 285 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	N	Зола	Время года, месяцы	Автор
<i>Oncorhynchus kisutch</i> (Канада)		72.82	3.51	–	VIII	
		74.48	3.38	–	IX	
		74.65	3.13	–	V, 1932	Riddell, 1936a
		74.17	3.04	–	VI	
		74.48	3.02	–	VI, 1933	
		69.75	3.36	–	VII	
		71.53	3.21	–	VIII	
<i>Suprinus carpio</i> (Япония)	♂♂	72.04	3.3	–	IX	
		78.2	2.96	1.21	VIII	Oshima-Shinobu, 1928
<i>Suprinus carpio</i> (Япония)	♀♀	74.22	3.48	1.28	X	
		79.21	2.88	1.15	III	Oshima-Shinobu, 1928
<i>Gadus aeglefinus</i> (4)	♀♀	80.57	2.48	1.01	V	
		76.03	2.69	1.03	VIII	
		74.26	3.34	1.39	X	
		78.46	2.75	1.12	III	
		80.13	2.46	1.18	V	
		80.43	2.34	–	VII 20, 1935	Crooks, Ritchie, 1939
		80.74	2.76	–	IX 20	
		80.24	2.42	–	X 24	
		79.76	2.42	–	XII 4	
		80.07	2.46	–	XII 22	
		79.93	2.48	–	II 10, 1936	
80.48	2.47	–	III 12			
80.75	2.46	–	II 10			
82.45	2.38	–	V 6			
81.00	2.34	–	VII 10			
<i>Perca fluviatilis</i>	Целая;	77.05	2.96	4.89	I 27, 1922	Oshima-Shinobu, 1928
	♀♀	77.73	2.25	4.68	II 26	
		77.70	2.30	5.21	IV 1	
		77.50	2.16	4.50	IV 26	

Таблица 285 (окончание)

Вид	Комментарий	H ₂ O	N	Зола	Время года, месяцы	Автор
		76.53	2.33	5.38	V 26	
		75.20	2.25	5.45	VI 23	
		73.02	2.65	5.53	VII 24	
		73.99	2.58	5.38	VIII 23	
		76.51	2.38	5.41	–	
		76.14	2.54	5.56	–	
		76.73	2.42	5.03	–	
		76.46	2.46	5.13	–	
<i>Scomber japonicus</i>		72.06	3.77	1.38	X 25, 1918	Dill, 1921a
		76.2	3.72	1.37	XI 17	
		70.83	3.61	1.43	VIII 7, 1919	
		69.48	3.60	1.36	VIII 11	
		65.43	3.44	1.28	XI 18	
		66.92	3.45	1.35	XII 10	

Leriette (1936) дал подробный ход изменений содержания H₂O у сардин Средиземного моря у берега Португалии (см. табл. 285); максимум содержания воды приходится на май, минимум – на август. Аналогичная закономерность для сардин у французских берегов наблюдалась Page, Legendre; у американских берегов – Clark, Clough (1926); у норвежских – Lea; японских – Oshima-Shinobu (1928) и т. д. Lovern, Wood (1937) подобные наблюдения произвели над сельдью в разных частях Северного моря (см. табл. 284). Серии их определений были сделаны с учетом пола, возраста, половозрелости *Clupea harengus*. И также максимум для H₂O у сельди был в апреле и минимум – в августе [см. наблюдения Polimanti (1915)].

Таким образом, максимум содержания H₂O в рыбах приходится на конец зимы и начало весны. Весной, в частности с момента усиленного развития планктона и, следовательно, усиленного питания, количество воды в рыбах падает (увеличивается содержание жира), достигая минимума (в умеренных широтах) в июне – июле. Иными словами, весной много воды и мало жира. Осенью и зимой больше жира и минимум содержания воды. Некоторые данные о сезонных изменениях можно еще найти в работах Atwater (1885).

Не менее резкие изменения в содержании H₂O происходят у рыб, которые мигрируют осенью из моря в реки (против течения!) для метания икры, как, например, у лососевых. В качестве примера в таблице 286 мы приводим данные как для мышечной ткани, так и для некоторых других органов рыб, главным образом *Oncorhynchus tshawytscha* и других лососевых. Рыбы, поднимаясь вверх по рекам против течения, затрачивают огромную энергию, теряют в весе почти 50%. Энергия образуется главным образом за счет траты запасов жира и белка. Параллельно с этим происходят изменения содержания H₂O (зола, N) в рыбах, их органах (см. табл. 286). Наибольшее содержание воды у них наблюдается после икрометания.

Влияние пола на содержание воды в тканях рыб не вполне ясно. В данных Davidson, Shostrom (1936) и Lovern, Wood (1937) нельзя найти постоянного различия в содержании H_2O у ♂♂ и ♀♀. Напротив, из данных большинства других работ Wille (1932) и Fukuda, у ♂♂ воды, как правило, больше, чем у ♀♀ (табл. 287).

По определениям⁷, проведенным у нас в лаборатории для целых *Gadus callarias*, взятых одновременно, было найдено воды (в %):

	♀♀		♂♂
4.5 года	77.68	5 лет	76.87
5 лет	78.86	7 «	80.98
6 «	79.29	8 «	81.63

На содержании воды сказывается степень половозрелости рыбы (табл. 286).

Таблица 286
Изменение содержания H_2O , N и минеральных веществ
в мягких тканях рыб во время их миграции по рекам (икрометание)
(в % живого вещества)

Вид	H_2O	N	Зола	Время или место взятия пробы	Авторы	
<i>Oncorhynchus gorbuscha</i> (♀♀)	71.74	—	—	VII 15	Davidson, Shostrom, 1936	
	71.31	—	—	20		
	71.99	—	—	25		
	71.00	—	—	30		
	72.29	—	—	VIII 5		
	74.08	—	—	10		
	74.44	—	—	15		
	74.00	—	—	20		
	78.60	—	—	24		
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i> (по реке Колумбия)	74.8	3.35	1.07	Берег моря	Greene, 1919a	
	75.0	3.50	1.07	Warrendale (130 м)		
	74.9	3.34	1.12	Seufert (210 м)		
	77.0	2.91	1.11	Онтарио (700 м)		
	81.5	2.25	0.97	Cazadero (свыше 700 м)		
<i>Salmo trutta</i> (?) (р. Свирь) ♂♂	67.14	3.46	1.22	Ходовые	Тилик, 1932a	
	79.66	2.71	1.01	Нерестирующие		
	84.77	2.32	1.00	Покатные		
	♀♀	68.82	3.54	1.23		Ходовые
		78.05	2.82	1.16		Нерестирующие

⁷ Определения H_2O были сделаны из ряда навесок гомогенизированного материала; рыбы имели вес от 1053 до 2750 г.

Таблица 286 (окончание)

Вид	H ₂ O	N	Зола	Время или место взятия пробы	Авторы
	83.36	2.57	1.02	Покатные	
<i>Anguilla</i> sp. (Япония)	57.89	2.62	1.76	X 22	Oshima-Shinobu, 1929
	58.06	2.71	1.80	XI 1	
	59.36	2.71	1.83	21	
	60.19	2.72	1.93	XII 11	

Таблица 287
Различие в химическом составе мягких частей, мышц ♂♂ и ♀♀ рыб
(в % живого вещества)

Вид	Комментарий	H ₂ O	N	Зола	Автор
<i>Clupea harengus</i>	8; ♀♀	64.63	2.79	–	Wille, 1932
	8; ♂♂	65.7	2.88	–	Тот же
	2; ♀♀	74.65	2.83	1.65	Горяинов, Фофанов (см. Осипов, 1931).
	2; ♂♂	76.47	2.80	1.75	Те же
<i>Sardinia caerulea</i>	3; ♂♂	79.73	2.98	1.67	Dill, 1921b
	7; ♀♀	76.60	3.12	1.57	Тот же
<i>Gadus merlangus</i>	11; ♂♂	80.0	2.74	1.4	Bill, 1928
	11; ♀♀	80.5	2.62	1.3	Тот же
	35; ♂♂; печень	38.4	0.80	0.6	«
	35; ♀♀; печень	37.4	1.37	0.5	«

Отдельные органы рыб содержат различные количества H₂O, однако подробных систематических определений очень немного (табл. 288)⁸ и общие закономерности вывести невозможно. Мышечная ткань содержит H₂O меньше других. Grüse (1924), например, нашел H₂O в мышцах ♀♀ *Clupea harengus* 68.73%, в гонадах – 76.23% и в печени – 63.86% (средние значения из многих определений); причем икринки содержат больше воды, чем яичники, например, у *Clupea harengus* первые – около 75%, вторые – около 68%; у *Sardinia caerulea*, по Dill (1921b), у первых содержится около 80%, а у вторых – около 70% воды и т. д. [см. отдельные данные по содержанию воды в органах у White (1936b), Jowett, Davies (1938) и др.].

Наибольшее количество воды находится в крови рыб. Kaitiro, Ebina (1936) определили воду в крови 50 видов рыб и нашли содержание воды от 83 до 90%.

⁸ См. также Vibra (1846) – анализы печени рыб.

Таблица 288
Содержание H₂O, N и минеральных веществ
в разных частях и органах рыб (в % живого вещества)

Вид	H ₂ O	N	Зола	Автор
<i>Suyprius carpio</i>				
Голова	81.60	1.66	3.65	Nowak, 1935
Туловище	80.38	2.31	1.78	Тот же
Внутренности	82.94	1.59	1.37	«
Плавники	82.16	1.55	6.28	«
<i>Anguilla sp.</i>				
Печень (10)	–	1.95	–	Vieweger, 1928
Внутренности (10)	–	1.81	–	Тот же
Кожа (10)	–	4.40	–	«
Оставшиеся части (10)	–	2.10	–	«
Целая рыба (10)	–	2.56	–	«

Причем содержание воды в крови Teleostei в целом несколько выше, чем у Elasmobranchii.

Teleostei				Elasmobranchii			
Clupeidae	83.25	Scorpaenidae	85.59	Monacanthidae	89.81	Selachii	90.02
Anguillidae	85.88	Pleuronectidae	87.38	Tetraodontidae	88.08	Batoidei	87.39

Рыбы, живущие у дна, малоподвижные (Pleuronectidae, Scorpaenidae, а также Monacanthidae и др.), содержат воды в крови больше, чем рыбы подвижные, как, например, Clupeidae, Anguillidae. Если сравнить данные по содержанию воды в крови с данными по содержанию воды в теле тех же рыб, то они окажутся параллельными (см. табл. 280)⁹.

Электрические органы *Torpedo* содержат значительные количества воды: по Davy (1832) – 93%; Matteuci (1837) нашел 91.4%; Weyl (1881) – 90.0% и т. д.¹⁰

3. Содержание С, Н и N

Органическое вещество – плотный остаток от высушивания тканей рыб – составляет около 20% их первоначального веса. Около 50% этого плотного остатка, или около 10% живого веса, составляет углерод, как это можно показать на основании известных прямых определений углерода, относящихся к 10 видам рыб (около 20 анализов).

Наиболее ранние анализы на С и Н были произведены Valenciennes, Frémy (1854) и Рауен (1865). Более современные анализы относятся либо к мышечной ткани (морских и пресноводных), либо к икре рыб. Если сравнить содержание С

⁹ С возрастом количество воды в крови рыбы уменьшается и, например, у *Oncorhynchus keta*, как показал Kiroda (1935), стабилизируется на 321-й день.

¹⁰ См. о составе электрических органов *Torpedo* в главе о содержании К и Na в рыбах.

в тканях Invertebrata (около 40%), например, Mollusca и Crustacea, с содержанием С в теле рыб (более 50%), то как будто бы следует, что у первых содержание С несколько ниже, чем в тканях рыб. А так как содержание золы и азота, например, в мышцах ноги Gastropoda и мышечной ткани рыб лишь немного различается, то возникает вопрос: не указывает ли это различие в содержании углерода на различие в содержании и кислорода? Прямых определений кислорода в тканях организмов нет. Более подробно изучено содержание С и Н в икре (отдельно в оболочках, желтке и т. п.), а также в различных белковых веществах, выделенных из икры рыб¹¹, – ихтулине, альбумине, керотине и многих других органических веществах. Икра рыб содержит С больше, чем ткани и органы рыб (табл. 289).

Таблица 289
Содержание С, N, H, S, H₂O и золы в рыбах (мышцы и др.)
(в % сухого вещества)

Вид	Комментарий	С	N	H	S	H ₂ O	Зола	Авторы
<i>Acipenser</i> sp.		48.40	–	6.95	1.31	3.00	6.79	König, Splittberger, 1909
<i>Clupea harengus</i>		44.45	–	6.21	0.73	2.89	6.70	Те же
<i>Clupea</i> sp.	Сперма	41.20	21.06	5.75	–	–	–	Mathews, 1897
<i>Salmo trutta</i>	Икра	50.42	10.32	7.94	–	–	–	Сканави-Григорьева, 1939
<i>m. lacustris</i>	4; икра	56.00	4.11	–	–	–	–	Tangl, Farkas, 1904
<i>Coregonus albus</i>	Сперма	42.02	21.42	5.77	–	–	5.79	Lynch, 1920
<i>Cyprinus carpio</i>	Икра	53.32	14.09	7.78	0.55	–	–	Walter, 1890
		52.50	15.20	8.00	1.00	–	–	Valenciennes, Frémy, 1854
	2 недели	44.28	12.10	–	1.00	–	–	Сканави-Григорьева, 1939
	5 месяцев	43.94	10.51	6.07	1.40	–	–	Тот же
<i>Tinca tinca</i>	5 «	48.42	11.67	6.81	1.22	2.29	6.90	König, Splittberger, 1909
		50.29	–	–	0.62	–	–	–
<i>Esox lucius</i>		48.15	–	6.89	0.85	1.22	6.65	König, Splittberger, 1909
<i>Gadus aeglefinus</i>		49.50	–	7.02	1.13	2.19	5.32	Те же
<i>Hippoglossus hippoglossus</i>		47.56	–	6.77	0.84	4.16	6.52	«
	2 «	50.38	11.78	7.44	–	–	6.31	Chittenden, 1877

Совершенно иной характер носят данные, относящиеся к содержанию азота в тканях и органах рыб. Во-первых, количество определений N (например, в мышечной ткани рыб) очень велико. Во-вторых, помимо общего содержания азота, здесь мы имеем огромное количество данных по распределению в тканях рыб различных азотсодержащих веществ. Благодаря этому возникла возможность сравнений содержания этих веществ в различных видах, родах рыб в связи с их филогенией и т. п.

¹¹ См. работы Scharlau (1844); о сперме рыб – у Miescher (1897).

Содержание азота в тканях рыб очень часто приводится авторами в виде протеина (белка). Эти числовые данные получаются путем умножения величины общего N (по Kjeldahl) на коэффициент 6.25. За последнее время определение протеина производится более точно: отдельно определяется азот экстрактивных веществ, который у Teleostei (например, для мышечной ткани) составляет около 10% всего азота. Авторы все же не всегда указывают, какие данные по N послужили им для расчетов на протеин. Поэтому там, где нам пришлось рассчитывать на азот, исходя из данных для протеинов, мы, очевидно, не всегда могли избежать ошибки, выражающейся в получении более пониженного значения для N.

Содержание общего азота в тканях рыб (или целых рыбах) колеблется обычно около 2–3% на их живой вес. Главная масса определений N относится к мышечной ткани и икре. Первые определения азота встречаются у ряда авторов в начале XIX в. Большинство данных по общему азоту в рыбах, их органах и тканях приводятся в таблице 278¹²; Kinch (1880), Yoshimura, Kanai (1913), Janney (1916), Kapeller-Adler, Krael (1930a, b), Hinard (1931), Giménez (1934) и др. дают сходные данные. Как совершенно ясно, Elasmobranchii содержит азота больше, чем Teleostei. Познакомимся вначале с содержанием азота у Teleostei. Наибольшее количество N и, следовательно, N-содержащих веществ, главным образом протеинов, находится у Teleostei в икре – до 4% N и больше на живой вес икры. В молоках рыб содержание азота ниже, а именно такое же, как в мышечной ткани рыб, т. е. около 2–3% на живой вес. Sekine (1929), Nowak (1935), McCay (1937) и другие показали, что в первые дни развития оплодотворенной икринки рыб общее содержание азота, золы остается практически постоянным. Nowak (1935) приводит данные по изменению состава желтка и эмбриона карпа. По мере развития икринки количество N в желтке уменьшается и увеличивается в эмбрионе (см. табл. 282). Более подробно о перемещении азотсодержащих веществ в развивающейся икринке, эмбрионе рыб см. у Kensington (1884), Hugouneuc (1904), Yoshimura, Kanai (1913), König, Grossfeld (1914), Stendal, Osato (1923b), Needham (1931) и многих других. В мышечной ткани Teleostei содержание N более или менее одинаково у всех видов. В таблице 280 мы приводим среднее количество N у рыб одного семейства.

Изменения химического состава органов и тканей в связи с ростом (а также половозрелостью, голоданием) изучались на пресноводных Salmonidae, главным образом *Salmo trutta*, многими авторами: Lipschütz (1911), Schütz (1912), Reuss (1910), Weinland, Kronfeld, Scheminzky (1926), Vieweer (1928), McCay, Tunison, Crowell, Paul (1936) и Oshima, данные которых мы лишь частично приводим. При этом содержание общего азота у рыб в течение сезона практически не изменяется, изменялось лишь содержание белков и т. п. [см. у Dill (1921a), Bähr (1935), Lepierre (1936) и табл. 285]. С ростом в некоторых органах (например, в яичниках), как наблюдали Nelson, Greene (1921), увеличивается содержание общего N. Некоторое уменьшение N наблюдается в мышцах рыб, мигрирующих для икрометания в реки, – Salmonidae и др.

Наконец, мы должны сказать несколько слов о содержании N в различных органах Teleostei. Наибольшее количество N найдено в печени (после удаления жира), яичниках, причем почти в 1.5 раза больше, чем в тестикулах. Много содержится азота в коже некоторых рыб. В мышцах также содержится, как мы уже видели, много N. Все остальные органы и ткани, особенно кости, менее богаты азотом. Содержание N в органах и тканях ♂♂ и ♀♀ несколько различается – см. N в крови, гонадах, печени.

¹² См. также Stutzer (1882), Knaute (1901), Rothera (1903), Scharling. Новые данные у Pannekoek-Westenburg, Nijholt, van Veen (1940).

Поскольку мы коснулись вопроса о разных азотсодержащих соединениях, встречающихся в тканях рыб, приведем некоторые исследования, отвечающие на этот вопрос. Они принадлежат Barker, Cohoe (1905), Osborne, Heyl (1908), Okuda (1912), Denis (1912), Greene (1919b), Rosedale (1929), Kapeller-Adler, Krael (1930a, b), Schmidt-Nielsen, Stene (1931a), Metzner, Köhler (1931), Carteni, Morelli (1934), Ayako Sasaki (1938) и Bini. Как мы уже заметили, общее содержание N у Elasmobranchii выше, чем у Teleostei, например, у Rajidae и Squalidae и т. д. (см. табл. 278). В основном это объясняется тем, что в тканях и жидкостях Elasmobranchii находится много экстрактивных азотсодержащих веществ, главным образом состоящих из мочевины. Städelер, Frerichs (1858) впервые указали на огромное количество N-мочевины в органах Selachii. Krukenberg (1882–1882), Schulze, а затем и многие другие подтвердили эти наблюдения. Ткани Elasmobranchii, как Selachii и Batoidei, так и Holocephali – *Chimaera monstrosa*, действительно богаты мочевиной. Интересно, что *Petromyzon planeri* (Cyclostomata) почти не содержит мочевины в тканях, тогда как $(\text{NH}_2)_2\text{CO}_2$ содержится в значительном количестве¹³ у Мухине (то же Cyclostomata). Teleostei хотя и содержит мочевины в тканях, но в очень малых количествах, у *Labrus turdus* – 0.47% N, *Crenilabrus pavo* – 0.57% N и т. д. (см. Buglia, Constantino, 1912).

Baglioni (1906) нашел, что в крови *Scyllium*, *Torpedo*, *Trigon* содержится до 1.3% азота экстрактивных веществ, тогда как в крови Teleostei – всего 0.09 и меньше. В настоящее время работами главным образом Denis (1912), Smith (1930), а также Needham (1937) и других показано, что 80% этих экстрактивных веществ составляет мочевины. По Smith (1936), в крови до 1% мочевины в морских Elasmobranchii, 0.3% в пресноводных Elasmobranchii и только 0.02% в других рыбах¹⁴.

В соответствии с этим и все другие ткани и органы Elasmobranchii богаче N, чем те же ткани и органы Teleostei. Например, в мозгу Selachii, по Лакно (1938), у *Squalus ecanthias* содержится 2.31%; в *Raja clavata* – 2.29%; в мозге Teleostei – *Cyprinus* – 1.25% N; в *Mugil saliens* – 1.69% (по Abderhalden, Weil); *Cyprinus* – 0.8% (по Палладину, Рашба, 1935); *Scorpaena porcus* – 1.48%; *Corvina nigra* – 1.74%; *Blennius sanguinolatus* – 1.82%; *Labrus* – 1.67% (по Лакно, Сквирська, 1938). При этом 1.3% всего азота мозга Selachii – остаточный азот и 80% его – азот мочевины. Икра Elasmobranchii – *Pristis antiquarum*, *Myliobatis aquila*, *Torpedo ocellata* и многих других содержит до 0.1% мочевины.

Высокое содержание в тканях Elasmobranchii мочевины, которая является конечным продуктом азотного обмена, является типичным их признаком. Благодаря присутствию в крови Elasmobranchii мочевины осмотическое давление плазмы и других жидкостей тела выше осмотического давления раствора солей морской воды.

Мочевина, как и хлор (и, вероятно, многие другие вещества), у этих рыб удаляется не только через почки, но частично и через жабры [см. работы Keys (1931), Smith (1936) и др.]. Ткани и жидкости Teleostei отличаются содержанием не только мочевины, но и креатина, а также других азотсодержащих веществ.

4. Содержание золы

При определении остатка от прокалывания или золы в тканях рыб преследовались практические цели. Поэтому на детали метода ее получения не обращалось внимания. В результате все имеющиеся данные, строго говоря, нельзя сравнивать

¹³ См. сноску 1 главы XVIII.

¹⁴ См. подробнее в главе о крови рыб.

между собой. Они дают лишь некоторое приближенное представление о содержании суммы всех минеральных веществ в рыбах. Мы должны это иметь в виду при дальнейшем рассмотрении указанных данных. Многочисленные определения золы приведены в таблице 278 и далее. Кроме того, они имеются в работах Pottinger, Harrison, Anderson (1935) и Vintilescu, Stanciu, Opari (1940). В общем, в мышечной ткани морских рыб количество золы колеблется обычно около 1–1.5% на живое вещество. Таким образом, необходимо подчеркнуть, что ткани морских рыб содержат меньше минеральных веществ, чем морская среда, окружающая их (в морской воде – 3.5% солей).

Если на анализ была взята целая рыба с костями, как это делали Sempolowski (1889), Weigelt (1891) и др., количество золы возрастало в среднем до 3% и выше. Большинство данных о содержании золы в органах и тканях рыб относится к видам из Teleostei, и очень ограниченное число их относится к Elasmobranchii. Имея в виду недостаточную точность в определении минерального остатка, трудно и даже невозможно сейчас решить, существует ли различие в его содержании у видов из Teleostei и Elasmobranchii.

Пресноводные рыбы содержат в тканях, прежде всего в мышечной, практически те же количества минеральных веществ (см. табл. 278), что и морские рыбы. Среди всех видов, для которых известны многочисленные определения золы, виды сем. Anguillidae отличаются наименьшим содержанием золы – меньше 1%. Виды из сем. Acipenseridae и Esocidae содержат наибольшие количества золы в мясе – свыше 2%. Может быть, здесь повышение связано с тем, что не всегда удалялась кожа (у Acipenseridae) или не все кости (у Esocidae). Из описания авторами условий подготовки материала для анализа это установить невозможно. Имея это в виду, а также то обстоятельство, что наименьшее содержание минеральных веществ золы имеется у рыб из сем. Anguillidae, содержащих и наименьшее количество воды в теле, можно полагать, что содержание минеральных веществ у рыб в мягких тканях (помимо скелета) находится в прямой зависимости от содержания в них воды. Но это еще требует дальнейшей проверки. С содержанием золы в отдельных органах рыб можно познакомиться в таблицах 287 и 288. Каких-либо закономерностей в распределении минеральных веществ в органах и тканях рыб на основании имеющегося материала привести нельзя. Greene (1919a, b), изучавший изменения состава тела у Salmonidae в течение их миграции в реки, Dill (1921a), наблюдавший сезонные изменения у *Sardinia caerulea*, *Sardinia japonica* и многих других, Brüce (1924), работавший с *Clupea harengus*, не могли отметить сезонные резкие изменения в содержании минеральных веществ в мышечной ткани рыб. Из данных Lepiette (1936) для *Sardinia* из Средиземного моря видно некоторое понижение у них содержания золы в момент минимума содержания в тканях воды – с августа по октябрь.

Содержание минеральных веществ в мягких тканях рыб близко к содержанию минеральных веществ в крови и других жидкостях тела рыб, например, Poga (1936a, b) нашел минеральные вещества в крови *Labrus bergylta*: ♂♂ 0.795%, ♀♀ 0.659%; у *Scillium caniculata*: ♂♂ 0.415%, ♀♀ 0.969%; соответственно в мускулах: 1.084; 1.219; 0.452 и 1.039% (см. главу о крови).

Зольный остаток икры рыб заметно колеблется, однако причины этого колебания неясны. Не связаны ли они с техникой получения золы? Обычное содержание золы в икре рыб – около 1%. По мере развития икринок количество минерального вещества, извлекаемое из воды, с некоторого момента растет [см. наблюдения Sekine (1929) и McCay (1937) для икры *Salmo*, а также данные Buşniță, Gavrilescu (1932)].

Основную массу минеральных веществ остающейся золы рыб (костистых) составляет Ca, затем K, P, S и, наконец, Cl, Na и Mg. В мышечной ткани, для которой

главным образом имеются анализы, первое место занимают К и Р, затем S, Cl, Na, Са и Mg. У разных видов рыб этот порядок несколько меняется, как мы увидим ниже.

5. Содержание К, Na, Ca, Mg, P, S, Cl, Si

О содержании Са, Р и S и некоторых других обычных химических элементов в тканях рыб было известно с конца XVIII в. То немного, что было сделано в этом смысле, сведено в работе John (1814). Отдельные определения Са, Р, S и других химических элементов в тканях рыб известны также из ранних работ начала XIX в. Fourcroy, Vauquelin (1807), затем Davy (1832), Bibra (1846), Schlossberger (1854–1856), Krukenberg (1881–1882). Наиболее полный анализ по тому времени был дан для икры *Cyprinus carpio* Gobleу (1850). Наиболее полный анализ *Cyprinus* был впервые получен Bezold (1857). Затем подобной же полноты анализы были произведены Way (1849), Zedeler (1851). Champion, Pellet (1876) опубликовали данные по составу смеси из морских рыб. Более совершенные анализы появились с работами Atwater (1883, 1892) и его сотрудников, Weigelt (1891) и др. Особо стоят анализы ряда химических элементов электрических органов *Torpedo ocellata* Weyl, 1881 (см. подробнее в главе о К и Na), анализ Walter (1889) капсул (*hibernacula*), в которые зарываются на время засухи африканские двоякодышащие рыбы – *Protopterus annectens* (см. подробнее в главе о Р и S). Все эти и другие анализы, которые мы приводим в таблицах 290 и 291, наиболее полные из существующих анализов рыб, далеко не отвечают нашим современным представлениям о действительно полном составе организмов. Все они охватывают содержание в рыбах же более 10–12 химических элементов, а именно: К, Na, Ca, Mg, P, S, Се, Si, Fe, N. Наиболее полные из них современные анализы, например Carteni и Aloj (1934), содержат определения до 15 химических элементов и относятся к 4 морским рыбам: *Engraulis encrasicolus*, *Clupea pilchardus*, *Merluccius vulgaris* и *Polyprion americanus*.

Таблица 290
Содержание некоторых обычных химических элементов в рыбах (мышцы и др.) (в % живого вещества)

Вид	Комментарий	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	Fe ₂ O ₃	MgO	Зола	Место сбора	Автор
Lamniidae											
<i>Lamna cornubica</i>		—	—	0.49	—	0.15	—	—	0.76	Средиземное море	Milone, 1896
Alopiidae											
<i>Alopias vulpes</i>		—	—	0.80	—	0.12	—	—	1.28	То же	То же
Galeidae											
<i>Mustelus vulgaris</i>		—	—	0.71	—	0.50	—	—	1.14	"	"
<i>Sarcharias glaucus</i>		—	—	0.66	—	0.14	—	—	0.94	"	"
Squalidae											
<i>Acanthias vulgaris</i>	Целая	0.52	0.07	0.98	—	—	—	—	2.75	Северное море	Sempolowski, 1889
	"	0.25	0.66	0.75	—	—	—	—	2.01	То же	Weigelt, 1891
	"	0.24	0.94	0.88	—	—	—	—	2.33	"	То же
Rajidae											
<i>Raja asterias</i>		—	—	0.68	—	0.21	—	—	1.13	Средиземное море	Milone, 1896
<i>Raja clavata</i>	Целая	0.47	0.33	0.90	—	—	—	—	2.31	Северное море	Weigelt, 1891
	"	0.50	0.38	0.97	—	—	—	—	3.03	То же	То же
<i>Raja radiata</i>		0.34	0.61	0.97	—	—	—	—	2.61	"	Sempolowski, 1889
Torpedinidae											
<i>Torpedo ocellata</i>		—	—	0.54	—	0.17	—	—	1.12	Средиземное море	Milone, 1896
Acipenseridae											
<i>Acipenser sturio</i>		—	—	1.07	—	0.13	—	—	0.83	То же	То же
Clupeidae											
<i>Alosa aurita</i>		—	—	0.76	—	0.14	—	—	1.91	"	"
<i>Alosa sapidissima</i>	Сухая	—	—	1.76	1.78	0.74	—	—	4.58	США	Atwater, 1883a

Таблица 290 (продолжение)

Вид	Комментарий	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	Fe ₂ O ₃	MgO	Зола	Место сбора	Автор
<i>Clupea alosa</i>		—	—	0.74	—	0.14	—	—	1.02	Средиземное море	Milone, 1896
<i>Clupea harengus</i>	Целая	—	—	0.82	0.43	—	—	—	2.21	Северное море	Williams, 1911
		0.13	0.50	0.83	—	—	—	—	3.62	То же	Weigelt, 1891
		—	—	0.55	0.66	—	—	—	—	1.56	—
<i>Clupea harengus</i>	Сухая	—	—	1.77	1.77	—	—	—	4.83	—	Atwater, 1883a
		—	—	1.09	—	0.93	—	—	2.0	Средиземное море	Milone, 1896
<i>Clupea pilchardus</i>	Целая	0.21	0.43	0.91	—	—	—	—	2.37	—	Weigelt, 1891
<i>Clupea sprattus</i>	Целая	—	0.059	0.968	—	—	—	0.039	—	—	Nilson, Coulson, 1939
<i>Sardinia saurulea</i>	Целая	0.341	0.437	0.377	0.042	0.176	—	0.042	1.53	Нутка Б.К., Канада	Dill, 1926
<i>Sardinia melanostica</i>	Белые мышцы Красные мышцы	0.378	0.517	0.439	0.047	0.151	—	0.048	1.87	Сан-Педро, Калифорния, США	Тот же
		—	0.08	0.59	0.43	—	0.0010	—	1.42	Туёсен	Fujikawa, Nagamura, 1936
		—	0.05	0.38	0.58	—	0.0015	—	1.02	Япония	Те же
Engraulidae											
<i>Engraulis</i> sp.	15	—	0.58	1.12	—	—	—	—	2.47	Средиземное море	Lepietz, 1936
<i>Engraulis encrasicolus</i>	—	—	—	2.56	—	0.03	—	—	2.40		Milone, 1896
Salmoidae											
<i>Leucichthys arctedi</i>		—	—	0.695	—	—	—	0.03	—	—	Nilson, Coulson, 1939
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>		—	—	0.51	0.45	—	—	—	2.01	—	Williams, 1911
	Сухая	—	—	0.57	0.32	—	—	—	1.06	—	Taylor, 1925b
		—	—	0.69	0.73	—	—	—	1.74	—	Williams, 1911
		—	—	0.41	0.35	—	—	—	—	1.72	Тот же
		—	—	2.05	1.52	0.80	—	—	—	4.94	США

Таблица 290 (продолжение)

Вид	Комментарий	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	Fe ₂ O ₃	MgO	Зола	Место сбора	Автор
Osmeridae											
<i>Osmerus mordax</i>		-	-	0.41	0.31	-	-	-	0.91	-	Williams, 1911
		-	-	0.81	0.66	-	-	-	1.68	-	Taylor, 1925b
Cyprinidae											
<i>Brama raji</i>		-	-	0.70	-	0.11	-	-	1.07	Средиземное море	Milone, 1896
<i>Cyprinus</i> sp.		-	0.037	-	-	-	-	0.07	-	-	Takamatsu, 1936
<i>Tinca vulgaris</i>		-	-	0.61	-	0.07	-	-	1.37	Средиземное море	Milone, 1896
Synodontinae											
<i>Sauris lacerta</i>		-	-	1.02	-	0.11	-	-	1.58	То же	Milone, 1896
Anguillidae											
<i>Anguilla vulgaris</i>	2	-	-	0.84	-	0.06	-	-	1.68	"	Тот же
		-	-	0.37	0.43	-	-	-	6.82	-	Williams, 1911
Muraenidae											
<i>Muraena helena</i>		-	-	1.22	-	0.09	-	-	1.85	Средиземное море	Milone, 1896
Congridae											
<i>Conger vulgaris</i>		-	-	0.78	-	0.10	-	-	1.22	То же	Тот же
Belonidae											
<i>Belone acus</i>		-	-	0.83	-	0.14	-	-	1.40	"	"
Exocoetidae											
<i>Exocoetus volitans</i>		-	-	1.41	-	0.09	-	-	1.43	"	"
Gadidae											
<i>Gadus aeglefinus</i> (<i>Melanogrammus</i>)		-	-	0.87	0.52	-	-	-	0.91	-	Williams, 1911
<i>Gadus aeglefinus</i>		0.40	1.16	1.22	-	-	-	-	3.59	Северное море	Sempolowski, 1889
		0.43	1.18	1.19	-	-	-	-	3.99	То же	Weigelt, 1891

Таблица 290 (продолжение)

Вид	Комментарий	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	Fe ₂ O ₃	MgO	Зола	Место сбора	Автор
<i>Gadus merlangus</i>		0.44	1.10	1.29	-	-	-	-	3.32	"	Тот же
		-	0.023	0.793	-	-	-	0.039	-	-	Nilson, Coulson, 1939
		0.33	0.60	1.20	-	-	-	-	3.24	Северное море	Weigelt, 1891
		0.15	0.71	0.70	-	-	-	-	2.13	То же	Тот же
		0.14	0.75	0.73	-	-	-	-	2.03	Средиземное море	Milone, 1896
<i>Gadus morhua</i>		-	-	0.96	-	0.40	-	-	1.54	То же	Тот же
	Целая	0.47	1.31	1.30	-	-	-	-	3.75	Северное море	Weigelt, 1891
		0.60	0.11	0.61	-	-	-	-	1.57	То же	Sempolowski, 1889
		0.49	1.19	1.39	-	-	-	-	3.50	"	Weigelt, 1891
		-	-	0.34	0.32	-	-	-	0.76	-	Williams, 1911
<i>Merluccius vulgaris</i> <i>M. vulgaris</i>		-	0.0154	0.821	-	-	-	0.046	-	-	Nilson, Coulson, 1939
	Целая	0.29	0.49	1.15	-	0.07	-	-	0.93	Северное море	Weigelt, 1891
		0.28	0.45	0.70	-	-	-	-	2.93	То же	Тот же
		0.32	0.47	0.68	-	-	-	-	2.18	"	"
		-	-	0.68	-	-	-	-	1.85	"	"
Zeidae		-	-	0.53	-	1.07 (?)	-	-	1.0	Средиземное море	Milone, 1896
Sphyraenidae		-	-	1.05	-	0.23	-	-	1.42	То же	Тот же
<i>Sphyraena vulgaris</i>		-	-	1.00	-	0.12	-	-	1.15	"	"
Mugilidae		-	0.037	1.01	-	-	-	0.053	-	-	Nilson, Coulson, 1939
<i>Mugil cephalus</i>		-	-	1.30	-	0.05	-	-	1.18	Средиземное море	Milone, 1896
Moronidae		-	-	1.41	-	0.08	-	-	1.29	То же	Тот же
<i>Labrax lupus</i>		-	-	1.41	-	0.08	-	-	1.29	То же	Тот же
<i>Labrax turdus</i>		-	-	1.41	-	0.08	-	-	1.29	То же	Тот же

Таблица 290 (продолжение)

Вид	Комментарий	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	Fe ₂ O ₃	MgO	Зола	Место сбора	Автор
Epinerphelidae											
<i>Serna gigas</i>	–	–	–	0.86	–	0.09	–	–	1.33	"	"
<i>Polyprion cernium</i>	–	–	–	0.75	–	0.09	–	–	1.09	"	"
Carangidae											
<i>Lichia glauca</i>	–	–	–	1.28	–	0.11	–	–	1.38	"	"
<i>Seriola dumerili</i>	–	–	–	0.51	–	0.02	–	–	0.99	"	"
<i>Trachurus trachurus</i>	–	–	–	0.56	–	0.12	–	–	1.15	"	"
Lutjanidae											
<i>Lutjanus blackfordi</i>	–	–	0.023	1.04	–	–	–	0.046	–	–	Nilson, Coulson, 1939
Denticidae											
<i>Dentex vulgaris</i>	–	–	–	0.94	–	0.61	–	–	1.40	Средиземное море	Milone, 1896
Sciaenidae											
<i>Corvina nigra</i>	–	–	–	1.03	–	0.75	–	–	1.15	То же	Тот же
<i>Sciaena aquila</i>	–	–	–	0.86	–	0.11	–	–	1.34	"	"
Sparidae											
<i>Charax puntazzo</i>	–	–	–	1.22	–	1.44	–	–	0.86	"	"
<i>Chrysophrys aurata</i>	–	–	–	1.43	–	0.57	–	–	1.29	"	"
<i>Pagellus acarne</i>	–	–	–	1.44	–	0.13	–	–	1.38	"	"
<i>Pagellus erythrinus</i>	–	–	–	1.44	–	0.09	–	–	1.38	"	"
<i>Pagellus mormyrus</i>	–	–	–	0.72	–	0.09	–	–	1.41	"	"
<i>Sargus annularis</i>	–	–	–	1.00	–	0.09	–	–	1.19	"	"
<i>Sargus rondeletii</i>	–	–	–	1.4	–	0.19	–	–	1.91	Средиземное море	Milone, 1896
<i>Sparus</i> sp. (?)	–	–	0.014	–	–	–	–	0.09	–	–	Takamatsu, 1936
Maenidae											
<i>Maena zebra</i>	–	–	–	1.39	–	0.12	–	–	1.38	Средиземное море	Milone, 1896

Таблица 290 (продолжение)

Вид	Комментарий	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	Fe ₂ O ₃	MgO	Зола	Место сбора	Автор
<i>Smaris vulgaris</i>		-	-	1.21	-	0.22	-	-	2.09	То же	Тот же
	Мальки	-	-	2.03	-	0.45	-	-	1.99	"	"
Mullidae											
<i>Mullus barbatus</i>		-	-	0.76	-	0.14	-	-	1.33	"	"
<i>Mullus surmuletus</i>		-	-	0.78	-	0.14	-	-	1.31	"	"
	Мальки	-	-	2.51	-	0.19	-	-	3.33	"	"
Girellidae											
<i>Box hoops</i>		-	-	1.38	-	0.60	-	-	1.23	"	"
<i>Box salpa</i>		-	-	1.05	-	0.13	-	-	1.42	"	"
<i>Oblada melanura</i>		-	-	1.16	-	0.14	-	-	1.31	"	"
Pomacentridae											
<i>Heliases chromis</i>		-	-	1.67	-	0.14	-	-	1.96	"	"
Labridae											
<i>Coris giofredi</i>		-	-	2.41	-	1.44	-	-	2.68	"	"
<i>Srenilabrus pavo</i>		-	-	0.89	-	0.1	-	-	1.30	"	"
<i>Tautoga onitis</i>		-	-	0.016	1.97	1.03	-	-	5.54	США	Atwater, 1883a
Trachinidae											
<i>Trachinus draco</i>		-	-	0.97	-	0.05	-	-	1.41	Средиземное море	Milone, 1891
Uranoscopidae											
<i>Uranoscopus scaber</i>		-	-	0.82	-	0.20	-	-	1.13	То же	Тот же
Ophidiidae											
<i>Ophidion barbattum</i>		-	-	1.25	-	0.11	-	-	1.71	"	"
Trichiuridae											
<i>Lepidopus caudatus</i>		-	-	1.29	-	0.10	-	-	1.42	"	"

Таблица 290 (продолжение)

Вид	Комментарий	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	Fe ₂ O ₃	MgO	Зола	Место сбора	Автор
Scombridae											
<i>Scomber scombrus</i>		–	–	1.04	–	0.11	–	–	1.37	"	"
		–	–	0.53	0.22	–	–	–	1.09	–	Williams, 1911
		–	–	0.56	0.56	–	–	–	1.28	–	Taylor, 1925b
		–	0.007	0.993	–	–	–	0.05	–	–	Nilson, Coulson, 1939
	Целая	–	–	1.60	1.42	0.68	–	–	4.0	–	Atwater, 1883a
Xiphiidae											
<i>Xiphias gladius</i>		–	–	1.71	–	0.13	–	–	1.55	Средиземное море	Milone, 1896
Gobiidae											
<i>Gobius joso</i>		–	–	1.27	–	0.25	–	–	1.43	То же	То же
<i>Larunculus peilucidus</i>		–	–	1.55	–	0.08	–	–	1.01	"	"
Scorpaenidae											
<i>Scorpaena porcus</i>		–	–	0.75	–	0.08	–	–	1.13	"	"
<i>Scorpaena scrofa</i>		–	–	0.75	–	0.07	–	–	1.03	"	"
Triglidae											
<i>Trigla canax</i>		–	–	0.68	–	0.19	–	–	1.02	"	"
<i>Trigla gurnardus</i>	Целая	0.41	1.46	1.06	–	–	–	–	4.08	–	Weigelt, 1891
	"	0.70	0.97	1.78	–	–	–	–	4.47	–	Sempolowski, 1889
	"	0.41	1.67	1.16	–	–	–	–	4.52	–	Weigelt, 1891
Thunnidae											
<i>Axius bisus</i>		–	–	0.98	–	0.28	–	–	1.43	Средиземное море	Milone, 1896
<i>Pelamys sarda</i>		–	–	0.90	–	0.10	–	–	1.27	То же	То же
<i>Thunnus thunnina</i>		–	–	0.75	–	0.14	–	–	1.30	"	"
<i>Thunnus vulgaris</i>		–	–	1.52	–	0.07	–	–	1.56	"	"

Таблица 290 (окончание)

Вид	Комментарий	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	Fe ₂ O ₃	MgO	Зола	Место сбора	Автор
Bothidae											
<i>Arnoglossus rossii</i>		—	—	0.81	—	0.24	—	—	1.20	"	"
<i>Citharus linguatula</i>		—	—	0.92	—	0.23	—	—	1.92	"	"
Paralichthyidae											
<i>Paralichthys dentatus</i>	Сухая	—	—	2.70	3.10	—	—	—	8.63	США	Atwater, 1883a
<i>Rhombus laevis</i>		—	—	0.69	—	0.26	—	—	1.54	Средиземное море	Milone, 1896
Pleuronectidae											
<i>Pleuronectes platessa</i>		0.63	0.62	1.24	—	—	—	—	3.58	—	Weigelt, 1891
<i>Pleuronectes</i> sp. (plaice)		—	—	0.32	0.26	—	—	—	0.82	—	Williams, 1911
<i>Pleuronectes</i> sp. (flounder)		—	—	0.40	0.55	—	—	—	—	—	Taylor, 1925b
<i>Pleuronectes</i> sp. (limanda)		0.47	1.25	1.25	—	—	—	—	3.45	—	Weigelt, 1891
<i>Pleuronectes</i> sp. (lemonsole)		—	—	0.27	0.28	—	—	—	0.97	—	Williams, 1911
<i>Pleuronectes</i> sp.		—	0.017	0.94	—	—	—	0.051	—	—	Nilson, Coulson, 1939
Hippoglossidae											
<i>Hippoglossus hippoglossus</i>		—	—	1.04	0.40	—	—	—	1.05	—	Williams, 1911
	Сухая	—	—	2.11	2.11	—	—	—	5.53	—	Atwater, 1883a
Soleidae											
<i>Solea vulgaris</i>		—	—	0.25	0.33	—	—	—	0.57	—	Williams, 1911
		—	—	0.80	—	0.08	—	—	1.15	Средиземное море	Milone, 1896
Lophiidae											
<i>Lophius budegassa</i>		—	—	1.37	—	0.37	—	—	0.92	То же	То же
<i>Lophius piscatorius</i>		0.31	0.41	0.98	—	—	—	—	3.19	—	Weigelt, 1891

* Британская Колумбия.

Таблица 291
Химический состав рыб (мягких частей) (в % золы)

Вид	H ₂ O	Зола на живой вес	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	Автор
<i>Clupea harengus</i>	77.98	1.35	18.02	12.40	3.47	4.92	37.89	1.08	24.08	König, Splittberger, 1909
<i>pitichardus</i>	—	—	22.70	13.59	13.07	2.11	20.00	0.34	25.74	Riddell, 1936b
<i>spratrus*</i>	—	2.12	—	17.23	23.57	3.01	43.52	Следы	—	Way, 1849
<i>C. spratrus**</i>	—	2.10	—	21.89	27.23	3.42	40.49	1.40	—	Тот же
<i>Oncorhynchus (Fraser pink)</i>	—	—	20.05	19.78	10.71	2.05	23.91	1.18	18.42	Riddell, 1936b
<i>Oncorhynchus kisutch</i>	—	—	13.45	16.91	15.85	2.07	27.32	0.13	13.45	"
мясо	—	—	18.09	15.75	5.30	2.03	23.41	—	33.85	Riddell, 1936c
кости	—	—	0.14	1.27	47.13	3.37	38.48	—	1.68	Тот же
кожа	—	—	9.18	17.15	13.51	2.40	33.31	—	21.22	"
нерка	—	—	16.92	20.59	13.03	2.16	27.3	0.26	15.5	Riddell, 1936b
<i>Salmo salar</i>	—	—	12.54	21.62	14.79	2.30	30.0	0.70	9.8	Тот же
<i>Esox sp.</i>	59.9	1.29	13.66	24.4	8.6	9.49	20.32	—	21.44	Albu, Neuberg, 1906
<i>Anguilla anguilla</i>	79.63	0.96	20.45	23.92	7.38	3.81	38.16	2.50	4.74	Atwater, 1883a
	60.0	1.74	9.48	0.18	45.83	—	43.18	—	0.17	Albu, Neuberg, 1906
<i>Gadus aeglefinus***</i>	—	—	36.51	13.84	3.39	1.90	13.70	0.31	38.11	Atwater, 1883a
<i>morhua****</i>	—	—	21.01	3.80	41.68	3.39	17.38	1.70	9.5	Zedeler, 1851
<i>Hippoglossus americanus*****</i>	—	—	12.22	37.07	0.15	2.43	34.36	1.30	11.11	Chittenden, 1877

* Fe₂O₃ = 0.28.

** Fe₂O₃ = 0.65; SiO₂ = 0.30.

*** ClH₄.

**** 13.56% CO₂ · Fe₂O₃ = 0.56.

***** 13.56% CO₂ · Fe₂O₃ = 0.19; SiO₂ = 0.32.

Помимо анализов, относящихся к тканям или целым свежим рыбам, известны более или менее полные анализы рыбных пищевых продуктов соленой, вяленой и тому подобной рыбы, а также рыбной муки, идущей в подкорм животных или в качестве удобрительных туков и т. п., например, в работах Kellner (1878), Weigelt (1891), König (1903), Lichtenfelt (1904), Ильина (1911), Tressler (1923), Lunde, Scharer, Schropp (1931), Вещезерова (1933) (пресноводные) и многих др.

6. Содержание К и Na

Основную массу минеральных веществ в органах и тканях рыб составляют щелочи. У всех рыб, как морских, так и пресноводных, преобладает в тканях К над Na. В пресноводных рыбах абсолютное содержание щелочей несколько меньше. В растворах тела рыб, как и других животных, в крови, в жидкости спермы и т. п. преобладает натрий (табл. 292). Отношение К/Na для рыбы в целом, как видно из данных таблиц 292 и 293, колеблется около 3–4. То же отношение сохраняется примерно и по отношению к содержанию К и Na в мышцах морских рыб. Нужно отметить, что отношение К/Na в мышцах морских рыб равно или близко к отношению К/Na у пресноводных рыб, несмотря, казалось бы, на то, что морские рыбы живут в среде с более высоким содержанием солей и, в частности, именно Na.

Опыты Mond, Netter (1923), Капланского, Болдыревой (1934) и других по содержанию Na в пресноводных рыбах, находящихся в среде с повышенным количеством NaCl, показали, что при этом содержание Na не увеличивается в крови этих рыб, но увеличивается в мышцах. Количество хлора же, наоборот, резко увеличивается в крови, не изменяясь в мышцах подопытных рыб. Таким образом, мышечная ткань рыб (ее растворы) имеет прямое отношение к регуляции обмена Na.

Систематические исследования по нахождению щелочей в мышечной ткани и икре рыб принадлежат Bialaszewicz (1928). Им было показано, что К в икринках рыб распределен между дисперсной фазой и интермицеллярным раствором, причем в растворе количество К несколько выше.

Weyl (1882) исследовал состав электрических органов *Torpedo ocellata* (табл. 292). Он обратил внимание на преобладание в электрических органах Na над К и связывал это с процессом образования и накопления электрической энергии у скатов¹⁵.

¹⁵ Macallum указывает на содержание К в пластинках электрических органов *Raja clavata*.

Таблица 292
Химический элементарный состав рыб (мышцы, мягкие части) (в % живого вещества)

Вид	Комен- тарий	H ₂ O	Зола	Na	K	Ca	Mg	P	S	Fe	Cl	Si	Место сбора	Автор
<i>Mustelus antarcticus</i>		75	1.4	0.07	0.29	0.03	0.01	0.16	—	0.001	—	—	—	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Raja</i> sp.		78	1.4	0.09	0.25	0.07	0.03	0.17	—	0.001	—	—	—	Тот же
<i>Torpedo ocellata</i>	Электр. органы	—	—	—	—	0.103	0.0466	—	—	—	0.3063	—	—	Weyl, 1881
	Тот же	—	—	—	0.0194	0.0193	0.0082	—	—	0.0025	0.1276	—	—	Тот же
	«	—	—	—	0.076	0.0442	0.0045	—	—	—	0.7606	—	—	«
<i>Slupea pilchardus</i>		—	—	0.0927	0.4993	0.2281	0.0456	0.2189	0.2768	0.0012	0.1737	—	—	Sarteni, Aloj, 1934
<i>Rotamalosia novae-hollandiae</i>		71	1.4	0.07	0.29	0.05	0.03	0.30	—	0.001	—	—	—	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Engraulis encrasicolus</i>		—	—	0.1303	0.2668	0.3036	0.0536	0.2161	0.2570	0.0049	0.2140	—	Средиземное море	Sarteni, Aloj, 1934
<i>Cyprinus carpio</i>	5 мес	82.40	3.09	0.134	0.269	0.881	0.034	0.55	0.245	1.36 10 ⁻³	0.192	0.004	—	Скайви- Григорьева, 1939
	2 недели	66.74	—	—	—	0.27	—	0.32	0.134	—	0.003	0.000	—	Тот же
	Целая	88.8	—	0.072	0.26	1.26	0.0095	0.301	0.0328	0.013	0.0782	—	—	Bezold, 1857
<i>Tinca tinca</i>	«	80.20	2.69	0.109	0.331	0.646	0.044	0.396	0.123	1.45 10 ⁻³	0.13	0.004	—	Скайви- Григорьева, 1939
<i>Esox lucius</i>		79.83	—	0.0296	0.416	0.040	0.030	0.106	0.218	0.0042	0.032	—	—	Katz, 1896
<i>Anguilla anguilla</i>		63.10	—	0.032	0.241	0.039	0.0181	0.088	0.135	0.0056	0.034	—	—	Тот же
<i>Leptocerphalus</i> sp.		77	1.0	0.05	0.20	0.02	0.02	0.22	—	0.001	—	—	—	Clements, Hutchinson, 1939

Таблица 292 (продолжение)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	Na	K	Ca	Mg	P	S	Fe	Cl	Si	Место сбора	Автор
<i>Gadus aeglefinus</i>		80.64	—	0.099	0.334	0.022	0.0265	0.068	0.223	0.0056	0.241	—	Северное море	Katz, 1896
<i>Gadus</i> sp.	Сухая	—	14.65	—	—	7.92	0.342	0.612	0.675	0.024	—	—	Япония	Yamamura, 1934
<i>Merluccius vulgaris</i>		—	—	0.0753	0.5019	0.0750	0.452	0.1011	0.2148	0.0056	0.2203	—	—	Sarteni, Aloj, 1934
<i>Trachichthodes affinis</i>		79	1.1	0.10	0.21	0.03	0.02	0.12	—	0.001	—	—	—	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Zeus australis</i>		77	1.3	0.06	0.33	0.04	0.02	0.13	—	0.001	—	—	—	Те же
<i>Sphyræna novae-hollandiae</i>		77	1.2	0.08	0.29	0.04	0.03	0.12	—	0.001	—	—	—	«
<i>Mugil cephalus</i>		65	1.6	0.10	0.32	0.03	0.03	0.17	—	0.001	—	—	—	«
<i>Polydemus</i> sp.		76	1.2	0.06	0.24	0.02	0.03	0.16	—	0.001	—	—	—	«
<i>Lates calcarifer</i>		78	1.4	0.07	0.29	0.03	0.02	0.15	—	0.001	—	—	—	«
<i>Epinephelus</i> sp. (?)		82	1.2	0.05	0.24	0.03	0.04	0.20	—	0.001	—	—	—	«
<i>Epinephelus ergastularius</i>		76	1.4	0.06	0.28	0.02	0.01	0.15	—	0.001	—	—	—	«
<i>Plectroplites ambignus</i>		78	1.2	0.08	0.21	0.03	0.02	0.13	—	0.001	—	—	—	«
<i>Polyprion americanus</i>		—	—	0.1191	0.2577	0.0743	0.225	0.1706	0.2628	0.0032	0.1345	—	—	Sarteni, Aloj, 1934
<i>Pelates sexlineatus</i>		71	1.0	0.07	0.20	0.02	0.01	0.11	—	0.001	—	—	—	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Sillago</i> sp.		78	1.1	0.05	0.26	0.03	0.02	0.13	—	0.001	—	—	—	Те же
<i>Pomatomus pedica</i>		39	1.4	0.06	0.27	0.03	0.03	0.18	—	0.001	—	—	—	«
<i>Sarax georgianus</i>		74	1.5	0.07	0.34	0.04	0.03	0.15	—	0.001	—	—	—	«
<i>Regifcola grandis</i>		75	1.4	0.09	0.28	0.03	0.04	0.24	—	0.001	—	—	Австралия	«
<i>Arripis georgianus</i>		71	1.2	0.05	0.25	0.04	0.03	0.24	—	0.001	—	—	—	Clements, Hutchinson, 1939

Таблица 292 (окончание)

Вид	Комментарий	H ₂ O	Зола	Na	K	Ca	Mg	P	S	Fe	Cl	Si	Место сбора	Автор
<i>Arripis truttia</i>		76	1.2	0.06	0.24	0.04	0.03	0.16	—	0.001	—	—	—	Те же
<i>Sciaena antarctica</i>		76	1.2	0.06	0.23	0.03	0.02	0.15	—	0.001	—	—	—	«
<i>Cynoscion atelodus</i>		79	1.2	0.07	0.26	0.04	0.03	0.17	—	0.001	—	—	—	«
<i>Chrysophrys guttulatus</i>		70	1.2	0.06	0.28	0.04	0.03	0.12	—	0.001	—	—	—	«
<i>Roughleyia australis</i>		65	1.8	0.08	0.40	0.02	0.03	0.16	—	0.001	—	—	—	«
<i>Girella tricuspidata</i>		73	1.0	0.04	0.23	0.02	0.02	0.18	—	0.001	—	—	—	«
<i>Scatophagus argus</i>		76	1.4	0.05	0.31	0.04	0.02	0.29	—	0.001	—	—	—	«
<i>Cheilodactylus macropterus</i>		78	1.8	0.09	0.37	0.06	0.04	0.28	—	0.002	—	—	—	«
<i>Thyrssites atun</i>		77	1.4	0.08	0.32	0.04	0.02	0.13	—	0.001	—	—	—	«
<i>Scomber australasicus</i>		85	1.8	0.08	0.36	0.07	0.04	0.27	—	0.001	—	—	—	«
<i>Neoplatuscephalus macrodon</i>		73	1.6	0.10	0.42	0.02	0.04	0.27	—	0.001	—	—	—	«
<i>Maccullochiana macquariensis</i>		83	1.0	0.04	0.19	0.03	0.01	0.26	—	0.001	—	—	—	«
<i>Pleuronectes arsius</i>		83	1.2	0.06	0.24	0.03	0.02	0.11	—	0.001	—	—	—	«
<i>Synaptura nigra</i>		81	1.1	0.06	0.26	0.03	0.01	0.16	—	0.001	—	—	—	«
<i>Monacanthus chinensis</i>		75	1.5	0.08	0.23	0.03	0.03	0.23	—	0.001	—	—	—	«
<i>Pseudomonacanthus auyaudi</i>		80	0.8	0.03	0.19	0.04	0.02	0.13	—	0.001	—	—	—	«
<i>Reporhamphus australis</i>		76	1.4	0.07	0.34	0.03	0.03	0.13	—	0.001	—	—	—	«
<i>Roboralga jacksonensis</i>		78	1.2	0.07	0.25	0.03	0.02	0.16	—	0.001	—	—	—	«
		80	1.3	0.07	0.27	0.02	0.02	0.21	—	0.001	—	—	—	«

Таблица 293
Содержание щелочей в мышцах рыб (в % живого вещества)

Вид	K	Na	Ca	Mg	Автор
<i>Torpedo ocellata</i>	0.516	0.168	0.020	0.0277	Bialaszewicz, Kupfer, 1936
<i>Cyprinus carpio</i>	–	–	0.03	0.070	Takamatsu, 1936
<i>Esox</i> sp.	–	–	–	0.032	Javillier, 1930
<i>Anguilla anguilla</i>	–	–	–	0.019	Тот же
<i>Perca fluviatilis</i>	0.232	0.062	0.023	0.0236	Bialaszewicz, Kupfer, 1936
<i>Sparus</i> sp. (?) (meerbrasse)	–	–	0.01	0.095	Takamatsu, 1936
<i>Sparus</i> sp. (?) (haifisch)	–	–	0.03	0.076	Тот же
<i>Sparus</i> sp. (?) (pfeilschwanz)	–	–	0.02	0.066	«
<i>Sparus</i> sp. (?) (flachfisch)	–	–	0.02	0.085	«

7. Содержание Ca и Mg

Количественные определения Ca в рыбах имеются в ранних анализах Fourcroy, Vauquelin (1807), Flossfedern и др. Sempolowski (1889) и Weigelt (1891) дали серию определений Ca в целых рыбах (вместе с костями). Более современные анализы для мышечной ткани рыб принадлежат Bialaszewicz, Kupfer (1936) и McCay (1937). В общем, данных не столь много, чтобы можно было на них остановиться. Большая часть Ca в рыбах находится в костях, чешуе, отолитах и других аналогичных скелетных образованиях. В костях и чешуе Teleostei Ca находится в виде сложного фосфаната – апатита (даллита), в отолитах же – в виде CaCO₃. В главе о составе скелетных частей рыб мы подробно рассматриваем состав костей, чешуи и тому подобных тканей рыб и поэтому здесь этого вопроса касаться не будем. О содержании Ca и Mg в крови также см. главу о составе крови рыб. За небольшими исключениями, определения Ca относятся главным образом к мышечной ткани и меньше к икре рыб. Число определений Mg для тканей и органов рыб очень ограничено. Данные таблиц 290–293 указывают на известные колебания в содержании Ca. Это замечание относится к анализам как целых рыб, так и органов в мышечной ткани рыб. Эти колебания замечаются и для содержания Ca в икре разных рыб, где Ca почти поровну распределен между дисперсной фазой и интермицеллярным раствором икринки. Bialaszewicz (1928) указывает, что в икринках костистых рыб всегда Ca больше, чем в яйцах, например, у Selachii и других Elasmobranchii.

Содержание Ca в икринках в целом невелико и значительно меньше, чем P. По мере развития икринки, особенно в эмбрионах и мальках, количество Ca резко возрастает за счет извлечения его из воды. Например, имеются наблюдения для икринок и мальков *Salmo*, произведенные McCay и его сотрудниками (1936), Hayes, Darcy, Sullivan (1946). Приводим некоторые данные¹⁶ (табл. 294 и 295).

¹⁶ См. состав спермы и жидкости спермы у Miescher (1837), Scheuring (1928), Schlenk, Kahmann (1938).

Таблица 294
Изменение содержания Са и Р у *Salmo trutta* с возрастом
(по McCay, Tunison, Crowell, Paul, 1936)

Время	Стадия	Вес в начале каждого периода, мг	Са, мг в 1 экз.		Р, мг в конце периода
			начало каждого периода	конец каждого периода	
7 ноября 1933	Яйца	0.024	0.008	–	0.055
5 января 1934	–	–	0.010	–	0.079
10 января	–	0.03	0.014	–	0.088
9 апреля	–	0.05	0.035	–	0.100
20 апреля	–	0.05	0.035	0.097	0.106
15 июня	–	0.08	0.097	0.927	1.040
13 июля	–	0.45	0.927	1.852	2.17
10 августа	–	0.65	1.852	3.429	3.68
7 сентября	–	1.27	3.429	7.177	6.80
5 октября	–	2.20	7.177	8.832	9.30
16 октября	–	3.05	8.832	10.790	11.70
2 ноября	–	3.78	10.790	18.542	20.40

Таблица 295
Химический состав икры рыб (в % живого вещества)

Вид	К	Na	Ca	Mg	Cl	P	Fe	Зола	Автор
Selachii									
<i>Scyllium caniculata</i>	0.219	0.082	0.026	0.011	0.257	0.390	–	–	Bialaszewicz, 1926
<i>Acanthias vulgaris</i>	0.130	0.087	–	–	0.068	0.297	–	2.03	Zdarek, 1904
	–	0.542	0.0056	0.0075	0.823	0.009	–	1.87	Perugia, 1880
<i>Torpedo ocellata</i>	0.206	–	0.03	0.007	0.144	0.457	–	–	Bialaszewicz, 1926
(дисперсная фаза)	0	–	0.038	0.01	–	0.859	–	–	Bialaszewicz, 1928
(раствор)	0.561	–	0.026	0.003	–	0	–	–	Тот же
Teleostei									
<i>Acipenser sturio</i>	0.228	–	0.130	0.171	–	0.670	0.032	–	König, Grossfeld, 1914
<i>Clupea harengus</i> *	0.179	0.082	0.009	0.015	0.294	–	–	–	Macallum, 1926
<i>Salmo salar</i>	0.239	0.018	0.103	0.045	0.119	0.348	–	–	Bialaszewicz, 1926
(дисперсная фаза)	0.151	–	0.192	0.260	–	1.929	–	–	Bialaszewicz, 1928
(раствор)	0.320	–	0.019	0.032	–	0.042	–	–	Тот же
<i>Salmo trutta v. lacustris</i> **	0.17	0.06	0.06	0.02	0.140	0.30	0.004	–	Сканави-Григорьева, 1944
<i>Salvelinus (= Salmo) fontinalis</i>	0.218	0.025	0.047	0.060	0.163	0.333	–	1.51	Bialaszewicz, 1928

Таблица 292 (окончание)

Вид	K	Na	Ca	Mg	Cl	P	Fe	Зола	Автор
<i>Cyprinus</i> sp.	0.292	0.008	0.130	–	0.243	0.064	–	0.85	Gobley, 1850
<i>Esox lucius</i>	0.229	0.117	0.039	0.040	–	0.309	0.006	2.06	König, Grossfeld, 1914
<i>Gadus morhua</i> ***	0.125	0.093	0.093	0.039	–	0.306	0.0012	1.68	Те же
<i>Labrax lupus</i>	0.295	0.005	0.02	0.008	0.116	0.105	–	–	Bialaszewicz, 1926
(дисперсная фаза)	0.276	–	0.007	0.020	–	0.306	–	–	Bialaszewicz, 1928
(раствор)	0.341	–	0.005	0.005	–	0.044	–	–	Те же

*S.
** S = 0.14%; Si = $6,2 \cdot 10^{-3}\%$; Fe = $4 \cdot 10^{-3}\%$.
*** Fe – 0.0012%; 0.006%; 0.032%.

Отношение Ca/Mg в мышцах, органах, икре рыб очень близко к 1. Иногда даже содержание Mg (например, в мышцах) несколько больше, чем Ca. Поэтому нахождение высокого содержания Ca по отношению к Mg в мышцах, как это иногда дается, указывает на то, что при анализе не были, по-видимому, достаточно тщательно удалены кости. Мышцы, белые и красные, не различаются по содержанию Ca.

Несмотря на известное колебание в содержании Ca в тканях рыб, значительно большее, чем это наблюдается для многих других химических элементов, все же в рыбах одного и того же вида, взятых при сравнительно одинаковых условиях, содержание Ca одинаково или очень близко. Так, например, Dill (1926) дает анализы сардин *Sardinia caerulea* у калифорнийского берега США и из Британской Колумбии; их состав и, в частности, содержание Ca практически оказались одинаковыми.

У рыб, поставленных в условия голодания, как это показали Reuss, Weinland (1912), содержание Ca в мышцах *Anguilla vulgaris* несколько увеличивается (обычно 0.8% Ca). Многие другие экологические условия влияют на содержание Ca в рыбах. Ca в значительной степени многими видами рыб получается из воды и меньше из пищи. McCay, Tunison, Crowell, Paul (1936) считают, что *Salmo fario* $\frac{3}{4}$ Ca тела получает из воды (100 мг Ca ежедневно) и $\frac{1}{4}$ лишь с пищей (30 мг Ca). Напомним, что рыбы поглощают значительные количества воды¹⁷.

Хорошо известно влияние недостаточности Ca в пище и в воде пресноводных водоемов (например, прудов, озер и т. д.) на рост и развитие рыб. Замечено, что рост рыб замедляется, их размеры уменьшаются и т. д. См. наблюдения McCay, Tunison, Crowell, Paul (1936) и Podhradsky (1928)¹⁸.

Usui, Sukegawa, Kuochingchou (1936) определили содержание Ca в мышцах *Hypomesus olidus* (Teleostei) в двух образцах этих рыб¹⁹. Одна из них жила в озере Хинума, в воде которого было $9.9 \cdot 10^{-40}\%$ Ca (и $5.7 \cdot 10^{-20}\%$ Cl), другая – в озере Касумигаура, в воде которого было $7.1 \cdot 10^{-3}\%$ Ca (и $2.2 \cdot 10^{-3}\%$ Cl). Первые рыбы содержали в среднем 0.097% Ca, вторые – 0.062%, т. е. условия среды сказались, как видно, на содержании Ca в мышечной ткани *Hypomesus*. Мы в настоящее время знаем, что понижения содержания Ca в каком-либо водоеме (или его высокие содержания – очень жесткие воды) влияют на характер всей жизни подобного водоема. Области с недостаточностью или избыточностью того или иного химического элемента мы предложили в свое время называть биогеохимическими провинциями.

¹⁷ См. Smith (1930, 1931).

¹⁸ При голодании увеличивается содержание зольного остатка, судя по данным Pearse.

¹⁹ Рыбы из оз. Косумигаура – 13.97 см, а из оз. Хинума были в среднем размером 10.93.

Интересно отметить, что у некоторых глубоководных рыб на больших глубинах не происходит полного окостенения из-за ненасыщенности CaCO_3 вод этих областей моря, вызывающей у этих рыб, как удачно назвал Roule (1937), абиссальный рахитизм.

Существуют ли типические различия в содержании Са и Mg в рыбах в пределах Teleostei? Специальные исследования в этом направлении неизвестны. Из данных по составу скелетов, чешуи как будто бы следует (см. табл. 323), что эти различия должны существовать. Напомним, о чем мы уже говорили выше, что Teleostei с так называемыми твердыми костями отличаются более высоким содержанием Са; у морских рыб в чешуе больше Са, чем у пресноводных, и т. д. Сезонные, возрастные и тому подобные изменения у взрослых рыб в содержании Са (для Mg они вовсе неизвестны в литературе) отмечаются, например, в работах Lepiette (1936). Однако закономерности этих изменений не выяснены. В крови рыб Elasmobranchii и Teleostei (а также у Cyclostomata) содержание Са практически одинаково, однако характер состояния Са в крови различен [см. о составе крови рыб у Fontaine, Boucher-Firly (1935), Fontaine (1935) и Pora (1936c, d)].

Надежных определений Mg в рыбах почти нет, единичные определения Mg даются Javillier (1930).

8. Содержание Р и S

Первые качественные определения фосфора в рыбах, а именно в их костях и икре, были сделаны в конце XVIII в. Gahn [1769 (см. Н.Т. Scheffer, 1779)], Scheele (1771) и др. [см. главу о составе костей рыб, а также John (1814), Vibra (1846)].

Первые систематические количественные определения фосфора в мышечной ткани рыб (мясе) принадлежат Atwater (1885), Milone (1896), Ulrich (1911), а затем многим другим. Данные по содержанию Р в рыбах – в их тканях и органах (помимо костей и крови рыб, о которых см. дальше) – приведены в таблице 296.

В рыбах в среднем содержится около 0.3% Р на свежее вещество²⁰. Колебания содержания Р в рыбах, как видно из таблицы 296, достигают иногда значительной величины – в 2–3 раза. Отчасти это может быть объяснено тем, что на анализ была взята не средняя проба из большого числа рыб разного возраста и т. д., а, как это часто бывает, один экземпляр.

Таблица 296
Содержание Р в рыбах (мягкие части) (в %)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
<i>Scylliorhinus stellaris</i>		0.096	–	Roche, Bullinger, 1939
<i>Acanthias vulgaris</i>	Целая	0.032	–	Krukenberg, 1877
<i>Torpedo marmorata</i>		0.46	–	Roche, Bullinger, 1939
<i>A cipenser güldenstädti</i>		0.132	–	Костычев, 1889
<i>Acipenser ruthenus</i>		0.136	–	Тот же
<i>Clupea harengus</i>		–	0.74	Atwater, 1883a

²⁰ См. Lunde, Scharrer, Schropp (1931), Tokuyama (1936). Качественно в фосфоресцирующих органах ската Р указан Phipson (1861).

Таблица 296 (продолжение)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
	♀; мышцы	0.246	–	Brüce, 1924
	♂; мышцы	0.250	–	Тот же
	2; ♂♂; половые продукты	0.543	–	«
	3; ♀♀; половые продукты	0.369	–	«
	3; ♂♂; печень	0.268	–	«
	2; ♂♂; печень	0.334	–	«
<i>Clupea sapidissima</i>	2	–	0.77	Atwater, 1883a
<i>Clupea vernalis</i>		–	0.86	Тот же
<i>Sardinia caerulea</i>	Тестикула	0.55	–	Dill, 1921b
	Яичники	0.475	–	Тот же
<i>Engraulis encrasicolus</i>	Целая	0.47	–	Minder, 1933
<i>Coregonus Clupeaformis</i>		–	0.97	Atwater, 1883a
<i>Coregonus lavaretus</i> (?)		0.206	–	Костычев, 1883
<i>Oncorhynchus chouicha</i>		–	0.78	Atwater, 1883a
<i>Salmo fario</i>		0.176	–	Костычев, 1883
<i>Salmo salar</i>		–	0.75	Atwater, 1883a
<i>Salmo salar</i>	2	0.168	–	Костычев, 1883
<i>Salmo sehago</i>		–	0.98	Atwater, 1883a
<i>Salmo trutta</i>		0.246	–	Ulrich, 1911
<i>Salvelinus fontinalis</i>		–	0.73	Atwater, 1883a
<i>Salvelinus namaycush</i>		–	0.75	Тот же
<i>Osmerus mordax</i>		–	1.70	«
<i>Abramis brocca</i>		0.132	–	Ulrich, 1911
Rotzunge		0.139	–	Тот же
<i>Cyprinus carpio</i>	Целая	0.930	4.810	Javillier, Crémieu, 1928
<i>Silurus glanis</i>		0.325	–	Вещезеров, 1933
<i>Esox lucius</i>		0.17	–	Костычев, 1883
<i>Esox nobilior</i>		–	0.92	Atwater, 1883a
<i>Anguilla rostrata</i>		–	0.70	Тот же
<i>Conger vulgaris</i>		0.36	–	Roche, Bullinger, 1939
<i>Gadus aeglefinus</i>	16	–	1.025	Crooks, Ritchie, 1939
	2	–	1.04	Atwater, 1883a
		0.123	–	Ulrich, 1911
<i>Gadus morhua</i>	2	–	1.12	Atwater, 1883a
		0.105	–	Ulrich, 1911

Таблица 296 (окончание)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
		0.153	–	Костычев, 1883
<i>Gadus navaga</i>		0.211	–	Тот же
<i>Gadus virens</i>		0.206	–	Ulrich, 1911
	Мальки	0.383	–	Неуструева, 1929
<i>Lota molva</i>		0.083	–	Ulrich, 1911
<i>Merlangus vulgaris</i>		0.169	–	Тот же
<i>Mugil cephalus</i>	2	0.598	1.75	Jowett, Davies, 1938
<i>Morone americanus</i>	2	–	0.75	Atwater, 1883a
<i>Roccus lineatus</i>	2	–	0.99	Тот же
<i>Micropterus pallidus</i>		–	0.85	«
<i>Acerina cernua</i>		0.184	–	Ulrich, 1911
<i>Stizostedion vitreum</i>		–	0.93	Atwater, 1883a
<i>Lucioperca sandra</i>		0.150	–	Ulrich, 1911
		0.114	–	Костычев, 1889
<i>Pomatomus saltatrix</i>		–	1.23	Atwater, 1883a
<i>Arripis trutta</i>	Целая	0.74	2.42	Jowett, Davies, 1938
<i>Lutjanus blackfordi</i>	2	–	0.89	Atwater, 1883a
<i>Diplodus argyrops</i>	2	–	1.24	Тот же
<i>Diplodus probatocephalus</i>		–	0.67	«
<i>Tautoga onitis</i>		–	0.93	«
<i>Callionymus lyra</i>	После икрометания	–	1.6	Cooper, 1939
<i>Thyrsites atun</i>	Целая; без печени	0.71	2.09	Jowett, Davies, 1938
<i>Cybium maculatum</i>		–	0.78	Atwater, 1883a
<i>Scomber scombrus</i>	4	–	0.88	Тот же
<i>Trigla gurnardus</i>		0.40	–	Roche, Bullinger, 1939
<i>Trigla</i> sp.		0.184	–	Ulrich, 1911
<i>Gymnosarda pelamus</i>		–	1.469	Suzuki, Yochimura, Jamakawa, Irie, 1909
<i>Arnoglossus laterna</i>		0.29	–	Roche, Bullinger, 1939
<i>Paralichthys dentatus</i>	2	–	0.95	Atwater, 1883a
<i>Platessa vulgaris</i>		0.136	–	Ulrich, 1911
<i>Pleuronectes</i> sp.	Рыбная мука	–	1.36	Токуяма, 1936
<i>Hippoglossus groenlandicus</i>		–	0.69	Atwater, 1883a
<i>Hippoglossus vulgaris</i>	2	–	0.75	Тот же

Можно заметить, что иногда содержание фосфора находится в связи с содержанием в рыбах кальция, а именно, большому количеству кальция отвечает и максимум содержания фосфора. Эта зависимость не всегда, правда, выдерживается, равно как и другая, намечающаяся связь содержания фосфора с содержанием белков в рыбе. Но во многих случаях можно действительно видеть, что количество P (например, в мышцах) пропорционально содержанию белка [см. Вгйсе (1924) и др.]. Очевидно, половозрелость, возраст, пол и многие другие состояния и условия особенно резко сказываются на содержании P в рыбе, в ее тканях и органах. Между тем, все эти условия не всегда принимались во внимание при анализах. Общее содержание P в мышечной ткани рыб – около 0.2–0.3% и также в пределах вида подвержено некоторым колебаниям. По данным Fujikawa, Naganuma (1936), белые мышцы рыб богаче P и беднее S, в красных мышцах отношения обратные (см. табл. 290).

Из органов рыб наибольшее количество P было найдено в половых органах – ovariae и всегда несколько выше в testiculae, а также в печени, для которой имеется большое число определений. Jorges (1930) находил в поджелудочной железе *Squalus acanthias* 0.4% P; *Raja erinacea* – 0.464% P; *Raja diaphanes* – 0.356% P. У *Lophius piscatorius* он нашел в ткани островков Лангерганса 0.309% P и т. д. В таблице 297 приводим некоторые данные, касающиеся содержания P в сперме рыб. Относительно много P содержится в коже некоторых рыб. Систематических данных по распределению P в различных органах какого-либо одного вида рыбы нет.

Характер сезонных колебаний P у взрослых рыб неясен. По-видимому, они невелики. Наблюдения Lepierre (1936) для сардин, когда содержание P совершенно беспорядочно изменялось от месяца к месяцу, следует отнести за счет неправильного отбора проб. Наибольшая потеря P наблюдалась у рыб после икрометания.

Riesser (1928), Rosenheim, Girsavicus, Ashford, Stickland (1928) [см. Needham (1931)], Kernot, Speer (1933), Палладин, Сигалова (1935), Лахно (1935) и многими другими было изучено распределение различных соединений фосфора в мышечной и других тканях рыб. При этом оказалось, что масса фосфора в мышцах рыб находится в виде соединений нерастворимых, затем в виде эфиров и других соединений P и, наконец, в виде растворимых фосфатов. Об обмене фосфора у рыб см. Needham (1937), McCay (1937).

В икре рыб содержание P наибольшее. Отношение Ca/P сдвинуто в сторону преобладания фосфора (в 5–10 раз P больше, чем Ca). С развитием яйца (икры) это отношение изменяется и у мальков, приближается к отношению Ca/P, близкому к единице (табл. 297). В белке яйца рыб содержание P меньше, чем в целом яйце, как показали Milroy (1898), Bialaszewicz (1926) и др. В желтке его в десятки раз больше. Почти весь фосфор в виде фосфорорганических соединений и солей в икре находится в дисперсной фазе, и только очень ничтожная часть его – в интермицеллярной жидкости.

Таблица 297
Содержание P в икре и молоках рыб (в %)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
<i>Scyllium caniculata</i>		0.309	–	Wetzel, 1907
<i>Raja oxyrhynchus</i>	2; желток	0.41	1.15	Schmidt-Nielsen, Stene, 1931b
	2; белок	0.0035	0.085	Те же
<i>Torpedo ocellata</i>		0.017	–	Krukenberg, 1877

Таблица 297 (окончание)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
<i>Acipenser</i> sp.		0.454	–	Костычев, 1883
		0.292	–	Buttenberg, 1900–1902
<i>Salmo</i> sp.		3.7	–	Paton, 1897
<i>Salmo trutta</i>		0.41	–	Vageler, 1909
<i>Esox lucius</i>		0.44	–	Тот же
<i>Gadus</i> sp.		2.65	–	Levene, 1899
<i>Pleuronectes platessa</i>		0.14	–	Milroy, 1898
<i>Elb-kaviar</i>		1.043	–	Fransteiner, Lendrich, Buttenberg, Kickton, Klassert, 1903–1904

Paton, Newbiggin (1899–1900); Plimmer, Scott (1908); Чернорутской (1912); Fauré-Fremiet, Garrault (1922a, b) и многими другими было изучено распределение в яйцах рыб (и других организмов) различных соединений фосфора²¹. Мы не можем здесь сколько-нибудь полно останавливаться на этом интересном вопросе и скажем лишь о некоторых общих результатах этих исследований. Как правило, все яйца Vertebrata (и рыб, следовательно, в том числе) отличаются низким содержанием всех водорастворимых соединений фосфора (меньше 18% всего количества P) и высоким содержанием фосфора протеинов (свыше 50%). У Invertebrata, наоборот, высокое содержание в яйцах водорастворимых соединений фосфора (50%) и следы фосфора протеинов²².

Сера в рыбах. Ранние определения серы производились методами, которые заведомо допускали потери серы. Поэтому эти определения ошибочны. В более или менее подробных анализах, которые приводятся в таблицах, неверные числа для серы взяты нами в скобки. Наиболее современные определения Silberstein (1934), Masters, McCance (1939) и других, хотя тоже не свободны от некоторых ошибок (сульфаты морской воды), позволяют все же считать, что в мышце рыб серы около 0.15–0.2%, т. е. несколько меньше, чем фосфора в мышцах (табл. 298). Таким образом, здесь отношение P/S несколько больше единицы. Статистически можно подсчитать, что отношение N/P в зрелых рыбах из Teleostei (фосфор костей) меньше 3, а N/S – около 10–13. В мышцах N/P – около 8–10, а отношение N/S сохраняется то же – около 10–13. У пресноводных рыб в целом сохраняются те же отношения.

²¹ Stende, Osato (1923a), Ponce (1924) и многие другие изучали содержание S и P в белках икры рыб. О содержании P в крови см. дальше.

²² Но значительно более высокое содержание у них фосфора нуклеопротеидов, чем у Vertebrata.

Таблица 298
Содержание S в мягких частях рыб (в %)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
<i>Squalus</i> sp. (?) (акула)		0.132	–	Masters, McCance, 1939
<i>Clupea harengus</i> (сельдь копч.)		0.234	–	Те же
<i>Clupea harengus</i> (лосось, самец)		0.225	–	«
<i>Clupea harengus</i>		0.1824	0.8062	«
		–	0.708	Silberstein, 1934
		0.212	–	Atwater, 1883a
<i>Clupea sapidissima</i>		–	0.712	Тот же
<i>Coregonus Clupeaformis</i>		–	0.544	«
<i>Oncorhynchus chouicha</i>		–	0.456	«
<i>Salmo salar</i>	2	–	0.608	«
		0.192	–	Masters, McCance, 1939
<i>Salmo salar sebago</i>		–	0.752	Atwater, 1883a
<i>Salmo trutta</i>		0.169	–	Masters, McCance, 1939
<i>Salvelinus fontinalis</i>		–	0.852	Atwater, 1883a
<i>Salvelinus namaycush</i>		–	0.776	Тот же
<i>Osmerus mordax</i>		–	0.116	«
<i>Osmerus mordax</i> (смолт)		0.168	–	Masters, McCance, 1939
<i>Cyprinus</i> sp.		0.1803	0.8982	Silberstein, 1934
	Чешуя	0.2776	0.4436	Тот же
<i>Tinca</i> sp. (tanche)		0.1609	0.8268	«
<i>Silurus</i> sp. (?) (сом)		0.149	–	Masters, McCance, 1939
<i>Esox nobilior</i>		–	0.720	Atwater, 1883a
<i>Anguilla anguilla</i>		0.1938	0.6675	Silberstein, 1934
	Кожа	0.1796	0.4189	Тот же
<i>Anguilla anguilla</i> (угорь)		0.130	–	Masters, McCance, 1939
<i>Gadus aeglefinus</i>		0.226	0.904	Silberstein, 1934
<i>Gadus morrhua</i>		0.171	–	Atwater, 1883a
<i>Gadus</i> sp.		0.2017	1.0040	Masters, McCance, 1939

Таблица 298 (окончание)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
<i>Urophycis</i> sp. (налим америк.)		0.164	–	Те же
<i>Morone americanus</i>	2	–	1.068	Atwater, 1883a
<i>Micropterus pallidus</i>		–	1.656	Masters, McCance, 1939
<i>Stizostedion vireum</i>		–	1.772	Atwater, 1883a
<i>Lutjanus blackfordi</i>		–	0.852	Тот же
<i>Menticirrhus</i> sp. (хек серебр.)		0.257	–	Masters, McCance, 1939
<i>Diplodus argyrops</i>		–	0.736	Atwater, 1883a
<i>Diplodus probatocephalus</i>		–	0.684	Тот же
<i>Tautoga onitis</i>		–	0.788	«
<i>Cyhiium maculatum</i>		–	0.724	«
<i>Scomber scombrus</i>		0.162	–	«
		0.1970	0.8575	Silberstein, 1934
	2	–	0.620	Тот же
<i>Rhombus laevis</i> (?)		0.172	–	Masters, McCance, 1939
<i>Paralichthys dentatus</i>		–	1.068	Atwater, 1883a
<i>Limanda limanda</i> (?) (лиманда)		0.227	–	Masters, McCance, 1939
<i>Pleuronectes</i> sp. (камбала)		0.203	–	Те же
<i>Hippoglossus groenlandikus</i>		–	0.448	Atwater, 1883a
<i>Hippoglossus hippoglossus</i>		–	0.844	Тот же
		0.227	–	Masters, McCance, 1939
<i>Solea</i> sp. (солея)		0.233	–	Те же
<i>Solea</i> sp. (пелотрета)		0.195	–	«

Несмотря на весьма сложный и важный обмен S в организме рыб, данные почти отсутствуют. Сера входит в белки тканей и других органических соединений, некоторые из которых, например, легко извлекаются водой из мышц.

9. Содержание Cl

Krogh показал, что в икринках рыб Cl находится в равновесии с Cl морской воды. Затем по мере развития икринки и образования эмбриона количество Cl уменьшается. Например, в икринках *Nerophus ophidiom*, которые развивались в среде с 412 mM Cl, Cl было 274 mM Cl, а через 7 дней их развития – 235 mM Cl. Когда образовался эмбрион, то в нем было найдено 180 mM Cl, а в жидкости, его окружавшей, – 407 mM Cl.

Manery, Irving (1935) наблюдали изменения содержания хлоридов в яйцах *Salmo* sp. и *Fundulus heteroclitus*. При этом также у *Salmo* в икринках в первый день после оплодотворения было 0.143% Cl в свежем веществе, а через 53 дня – 0.102% Cl. У *Fundulus heteroclitus* в первый день было 0.706%, а через 11 дней – 0.554% Cl. Таким образом, по мере развития яйца количество Cl в нем становится меньше, чем в окружающей среде (море). Недостаток хлоридов в смысле осморегуляции компенсируется белками, фосфатами и бикарбонатами. У взрослых рыб происходит тоже частичная замена Cl (в зависимости от организации и специализации вида) в тканях и жидкостях. Мы уже видели, что при адаптации рыб к более соленым водам количество Cl растет в жидкости крови, но не проникает, например, в мышцы²³. Pitts (1934) указал на малое содержание Cl в моче морских рыб. Smith (1930) нашел, что Cl частично покидает тело рыб, выделяясь через кишечник. Помимо этого, выделение и обмен Cl у рыб идут и через жабры [см. Bunge (1899a), Schlieper (1930), Keys (1931)].

Обычно в тканях рыб определялся весь находящийся в них NaCl и реже один Cl. Таким образом, не исключено было попадание морской воды. Данные по хлору приведены в таблице 292.

Atwater (1885) нашел следующие количества Cl (в % сухого вещества):

<i>Clupea sapidissima</i>	0.74	<i>Salmo sebago</i> (♀)	0.93
<i>Salmo salar</i> (♂)	0.74	<i>Tautoga onitis</i>	1.03
<i>Salmo salar</i> (♀)	0.85	<i>Scomber scombrus</i>	0.68
<i>Salmo sebago</i> (♂)	0.95		

Можно считать, что в мышечной ткани морских рыб находится около 0.2% Cl на свежее вещество. В мышечной ткани пресноводных рыб находили от 0.02 до 0.03%.

10. Содержание SiO₂

Для Si в тканях рыб почти нет ни одного надежного определения. Strohercker, Vaubel, Breitwieser (1935) нашли в мышце *Gadus morrhua* 1.68 мг SiO₂ в 100 г свежего вещества, а в мышце *G. aeglefinus* – 1.63 мг SiO₂.

11. Содержание Mn

Pichard (1898) качественно указал на присутствие Mn в тканях сардинки. В настоящее время имеются серии определений Mn в тканях и органах различных рыб, произведенные Bertrand, Medigreceanu (1913); Lindow, Peterson (1927); Parks, Rose (1933); Carteni, Aloj (1934) и др. Содержание Mn в тканях рыб очень мало и несравнимо с обычным содержанием Mn в морских беспозвоночных – порядка $n \cdot 10^{-5}\%$ на живой вес. Указания на концентрацию Mn в органах рыб неизвестны, за исключением, может быть, некоторого повышения содержания его в икре рыб, особенно в печени, а также случай высокой концентрации Mn в чешуе *Laheo rohita*, приводимый Rudra (1939) (Индия).

Наименьшее количество Mn находится в мышцах рыб. Пресноводные рыбы содержат то же количество Mn в тканях или даже, может быть, несколько выше. В таблице 299 приведены некоторые данные. Помимо этого, известны качественные указания и единичные количественные определения у McHargue (1925), Hodges, Peterson (1931).

²³ Black (1948) установил, что *Fundulus heteroclitus*, перенесенная из моря в пресную воду, в первые 12 ч теряет Cl, а через 24 ч концентрация Cl увеличивается из-за потери воды. В конце 4-го дня потеря Cl составляет 60% от первоначально присутствующего.

Таблица 299
Содержание Mn в мышцах и мягких частях рыб (в мг на 100 г)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Авторы
<i>Pristiurus melanostomus</i>	Кожа	0.125	–	Bertrand, Medigreceanu, 1913
	Печень	0.089	–	Те же
	Мышцы	0.017	–	«
	Яичники	0.125	–	«
<i>Centrophorus</i> sp.		0.271	–	«
	Кожа	0.032	–	«
	2; тестикула	0.019	–	«
	Мышцы	0.01	–	«
	Яичники	0.008	–	«
<i>Squalus acanthias</i>		0.35	–	I. Noddack, W. Noddack, 1939
<i>Alosa sapidissima</i> (шэд)		0.018	–	Parks, Rose, 1933
<i>Clupea harengus</i>	2	0.019	–	Те же
	Тестикула	0.008	–	Bertrand, Medigreceanu, 1913
	Яйца	0.083	–	Те же
<i>Clupea pilchardus</i>		25.20	–	Carteni, Aloj, 1934
<i>Sardinia</i> sp.		0.002	–	Lepierre, 1938
<i>Engraulis encrasicolus</i>		0.07	–	Carteni, Aloj, 1934
<i>Engraulis</i> sp. (?)		–	3.40*	Riddell, 1936b
<i>Oncorhynchus kisutch</i>		–	10.2*	Тот же
<i>Oncorhynchus kisutch</i> (горбуша)		–	0.9*	«
<i>Oncorhynchus nerka</i>		–	1.5*	«
<i>Salmo</i> sp.		0.014	–	Parks, Rose, 1933
<i>Salmo fario</i>	Пресноводная;	0.033	–	Bertrand, Medigreceanu, 1913
	Яичники	0.031	–	Parks, Rose, 1933
<i>Salmo fario</i> (форель)		нет	–	Lindow, Peterson, 1927
<i>Salmo fario</i> (лосось)		нет	–	Те же
		–	3.33	«
		–	1.67	«

Таблица 299 (продолжение)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Авторы
		–	0.26	«
<i>Salmo salar v. lacustris</i>	Икра	0.43	1.27	Сканави-Григорьева, 1944
<i>Osmerus eperlanus</i>		0.026	–	Parks, Rose, 1933
<i>Notopterus chitala</i>		0.0502	0.241	Rudra, 1939
<i>Catla catla</i>	Мышцы	0.0382	0.211	Тот же
<i>Cirrhinus mrigala</i>	«	0.0384	0.201	«
<i>Cyprinus carpio</i>	Целая; 5 месяцев	0.66	3.79	Сканави-Григорьева, 1939
<i>Labeo calbasu</i>	Мышцы	0.0442	0.243	Rudra, 1939
<i>Labeo rohita</i>	«	0.0455	0.248	Тот же
	Чешуя	–	8.831	«
<i>Tinca tinca</i>	Целая; 5 месяцев	0.62	3.19	Сканави-Григорьева, 1939
<i>Silurus sp.</i>	4	0.013	–	Parks, Rose, 1933
<i>Esox sp.</i>		0.025	–	Те же
<i>Anguilla anguilla</i>		0.027	–	«
<i>Gadus sp.</i>	Мышцы	0.063	–	Skinner, Peterson, 1928
	«	0.013	–	Parks, Rose, 1933
	Печень	0.40	–	McHargue, 1925
<i>Gadus aeglefinus</i>		0.140	–	Richards, 1930
<i>Gadus callarias</i>		0.086	–	Тот же
<i>Gadus virens</i>		0.079	–	«
<i>Lota vulgaris</i> (налим обыкн.)		0.033	–	Parks, Rose, 1933
<i>Merluccius merluccius</i>		0.196	–	Richards, 1930
<i>Merluccius vulgaris</i>		0.2	–	Carteni, Aloj, 1934
<i>Lates calcarifer</i>		0.001	–	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Epinephelus ergastularius</i>		0.0003	–	Те же
<i>Polyprion americanus</i>		0.11	–	Carteni, Aloj, 1934
<i>Perca fluviatilis</i>		0.026	–	Parks, Rose, 1933
<i>Arripis georgianus</i>		0.0002	–	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Arripis trutta</i>		0.0002	–	Те же

Таблица 299 (окончание)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Авторы
<i>Ctenolabrus rupestris</i>		4.30	–	I. Noddack, W. Noddack, 1939
<i>Thyrstites atun</i>		0.0004	–	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Scomher</i> sp.		0.016	–	Parks, Rose, 1933
		0.015	–	Те же
<i>Pleuronectes</i> sp.	2	0.014	–	«
<i>Mola</i> sp.		0.029	–	«
<i>Lophius piscatorius</i>	Печень	0.089	–	Bertrand, Medigreceanu, 1913
	Кожа	0.035	–	Те же
	2; мышцы	0.007	–	«
	Печень	0.076	–	Richards, 1930

* В золе.

12. Содержание Fe

Нахождение железа в тканях рыб было показано в конце XVIII в. Качественные определения мы встречаем у John (1814), Morin (1822), Menghin и у многих других. Многочисленные анализы пищевых продуктов часто заключают и определения железа. К ним нужно относиться с осторожностью, так как при общих анализах не всегда обращалось достаточное внимание на методы определения железа в тканях организмов. Как правило, эти данные для содержания железа в тканях рыб выше действительного содержания железа в них. Это подтверждается непосредственными определениями железа в рыбах, например, Костычевым (1883), Petersen, Elvehjem (1928), Kojima (1930) и Kenzui, Parks, Rose (1933) и многими другими. Частично же данные приведены в таблице 300; они дают представление о распределении железа в разных органах рыб.

Таблица 300
Содержание Fe в мышцах, мягких частях рыб (в мг на 100 г)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Автор
<i>Mustelus manazo</i>	3	0.24	1.09	23.3	Oya, Shimada, 1933
<i>Raja latis</i>		0.33	–	–	Shackleton, McCance, 1936
<i>Acipenser ruthenus</i>		1.6	–	–	Костычев, 1883
<i>Acipenser</i> sp.		1.5	–	–	Тот же
	Икра	3.3	–	–	"
<i>Alosa sapidissima</i> (шэд)		0.48	–	–	Parks, Rose, 1933
"		0.53	–	–	Peterson, Elvehjem, 1928
<i>Clupea harengus</i>		0.57	–	–	Parks, Rose, 1933

Таблица 300 (продолжение)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Автор
		0.59	–	–	Peterson, Elvehjem, 1928
		1.02	–	–	Shackleton, McCance, 1936
		0.63	–	–	Те же
<i>Clupea pilchardus</i>		1.2	–	–	Carteni, Aloj, 1934
<i>Sardinia caerulea</i>		2.483	–	–	Nilson, Coulson, 1939
<i>Sardinia melanosticta</i>	Белые мышцы	0.7	2.5	–	Fujikawa, Naganuma, 1936
	Красные мышцы	1.0	3.5	–	Те же
	2	1.28	4.42	77.0	Oya, Shimada, 1933
<i>Sardinia</i> sp.		0.028	–	–	Lepierre, 1938
<i>Engraulis encrasicolus</i>		4.9	–	–	Carteni, Aloj, 1934
<i>Coregonus</i> sp. (сиг)		0.42	–	–	Peterson, Elvehjem, 1928
		2.1	–	–	Костычев, 1883
<i>Salmon</i> (лосось)	Икра	2.50	–	–	Greig, 1898
	Мышцы	0.83	–	–	Peterson, Elvehjem, 1928
	3	0.87	–	–	Toscani, Reznikoff, 1934
		0.86	–	–	Parks, Rose, 1933
		1.20	–	–	Rose, 1933
		2.45	–	–	Костычев, 1883
<i>Salmo fario</i>		2.8	–	–	Тот же
		0.78	–	–	Peterson, Elvehjem, 1928
		0.72	–	–	Parks, Rose, 1933
<i>Osmerus eperlanus</i>		0.41	–	–	Те же
<i>Cyprinus carpio</i>	Печень	4.9–5.3	–	–	Kojima, 1930
	Селезенка	9.5–10.9	–	–	Тот же
	Кости	4.8–5.0	–	–	"
	Сердце	6.4–7.7	–	–	"
	Почки	8.2–8.8	–	–	"
	Белые мышцы	1.3–1.5	–	–	"
<i>Cyprinus carpio</i>	Красные мышцы	5.0–5.6	–	–	Kojima, 1930
	Желудок	6.5–7.3	–	–	"
	Кишки	5.6–9.0	–	–	"
	Яичники	4.1–4.4	–	–	"
	Мозг	2.6–3.0	–	–	"
	3	0.78	3.76	73.0	Oya, Shimada, 1933
<i>Silurus</i> sp.		0.94	–	–	Parks, Rose, 1933
<i>Esox</i> sp.		2.4	–	–	Костычев, 1883
	Мальки	0.8	–	–	Peterson, Elvehjem, 1928
	"	0.3	–	–	Те же
	"	0.58	–	–	Parks, Rose, 1933
<i>Anguilla anguilla</i>		0.51	–	–	Те же
	Мышцы	–	2.2	–	Henriques, Roche, 1927

Таблица 300 (продолжение)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Автор	
<i>Silver eel</i>	Печень	105.00	—	—	McCance, 1944	
<i>Gadus aeglefinus</i> (пикша)		0.42	—	—	Peterson, Elvehjem, 1928	
<i>Gadus merlangus</i>	Мясо	1.5	—	—	Boussingault, 1872a	
	Целая	82.0	—	—	Тот же	
	Кость	10.0	—	—	"	
<i>Gadus morhua</i>		0.518	—	—	Nilson, Coulson, 1939	
		0.36	—	—	Peterson, Elvehjem, 1928	
		0.34	—	—	Те же	
		0.34	—	—	Parks, Rose, 1933	
		1.26	—	—	Костычев, 1883	
		4.0	—	—	Yamamura, 1934	
		4.2	—	—	Boussingault, 1872a	
	6			2.35	—	Henriquès, Roche, 1927
	Печень	—		17.3	—	McHargue, 1925
			0.34	—	—	Shackleton, McCance, 1936
<i>Gadus navaga</i> (?)		2.8	—	—	Parks, Rose, 1933	
<i>Lota vulgaris</i> (?) (на- лим обыкнов.)		0.96	—	—	Те же	
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>		0.516	—	—	Nilson, Coulson, 1939	
<i>Merluccius vulgaris</i>		5.6	—	—	Carteni, Aloj, 1934	
<i>Molva</i> sp. (?) (moonfish)		0.34	—	—	Parks, Rose, 1933	
(?) <i>Wachna</i> треска		0.48	—	—	Те же	
<i>Mugil cephalus</i>		1.1779	—	—	Nilson, Coulson, 1939	
	Печень	8.0–14.1	—	—	Kojima, 1930	
	Селезенка	38.0–48.0	—	—	Тот же	
	Кости	5.0–6.3	—	—	"	
	Сердце	3.5–3.9	—	—	"	
	Почки	4.7–5.1	—	—	"	
	Белые мышцы	1.6–1.7	—	—	"	
	Красные мыш- цы	3.4–4.3	—	—	"	
	Желудок	3.5–4.2	—	—	"	
	Кишки	3.5–3.6	—	—	"	
	Мозг	2.7–3.0	—	—	"	
	<i>Lahrax lupus</i>		0.26	—	—	Peterson, Elvehjem, 1928
<i>Lateolabrax japonicus</i>		0.57	2.52	60.0	Oya, Shimada, 1933	
<i>Polyprion americanus</i>		3.2	—	—	Carteni, Aloj, 1934	
<i>Lucioperca sandra</i>		1.6	—	—	Костычев, 1883	
<i>Perca fluviatilis</i>		0.48	—	—	Peterson, Elvehjem, 1928	
		0.42	—	—	Parks, Rose, 1933	

Таблица 300 (окончание)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Автор
<i>Pomatomus</i> sp. (луфарь)		0.60	–	–	Peterson, Elvehjem, 1928
<i>Lutjanus</i> sp. (окунь рифовый)		0.40	–	–	Те же
<i>Lutjanus blackfordi</i>		1.158	–	–	Nilson, Coulson, 1939
<i>Sparus batus</i>		0.24	1.10	20.0	Oya, Shimada, 1933
<i>Anarhichas lupus</i>		0.36	–	–	Shackleton, McCance, 1936
<i>Callionymus lyra</i>	После икрометания	–	31.0	–	Cooper, 1939
<i>Scomber scombrus</i>		1.224	–	–	Nilson, Coulson, 1939
		0.75	–	–	Peterson, Elvehjem, 1928
		0.87	–	–	Parks, Rose, 1933
<i>Thunnus</i> sp. (тунец)		1.8	–	–	Toscani, Reznikoff, 1934
		1.20	–	–	Rose, 1933
<i>Thunnus orientalis</i>	3	1.29	4.07	117.0	Oya, Shimada, 1933
<i>Limanda</i> sp.		1.69	7.66	140.0	Те же
<i>Pleuronectes</i> sp.	2	0.52	–	–	Parks, Rose, 1933
		0.73	–	–	Peterson, Elvehjem, 1928
<i>Hippoglossus hippoglossus (halibut)</i>		0.93	–	–	Те же
<i>Hippoglossus vulgaris</i>		0.44	–	–	Shackleton, McCance, 1936

Известны указания на то, что морские рыбы, их ткани и органы богаче железом, чем те же органы пресноводных рыб. Но это не следует из данных, приведенных в таблице 300. Может быть, существует несколько другое различие в содержании железа у рыб, а именно у одних и тех же видов, но из разных мест, например, у американских и европейских рыб. Из таблицы 300 видно, что не только данные по Fe у Carteni, Aloj (1934) для рыб Средиземного моря выше, чем американские, но и данные Kojima (1930), Kenzui для рыб Японии также по сравнению со многими другими высоки. Данные Clements, Hutchinson (1939) для австралийских рыб нужно считать ориентировочными. Этот вопрос еще недостаточно разработан, и может быть, эти различия будут отнесены за счет исследователей.

Kojima (1930) считает, что селезенка рыб всегда богаче железом, чем печень той же рыбы, как это наблюдается и для млекопитающих, в противоположность птицам, амфибиям и рептилиям, у которых печень богаче железом, чем селезенка. Во всяком случае, оба эти органа у рыб наиболее богаты Fe. Конечно, за исключением крови, где содержание Fe достигает 0.045%. Содержание Fe в крови, например, *Brevoortia tyrannus* – 0.0329% Fe. Все Teleostei и Elasmobranchii содержат в крови гемоглобин. Cyclostomata в крови содержат эритрохроурин, содержащий Fe-пигмент, широко распространенный среди беспозвоночных (табл. 301).

Как мы видим, в ядре эритроцитов рыб содержание железа в 40–140 раз меньше, чем в протоплазме эритроцитов.

Чем выше стоит организм в эволюционной лестнице, тем больше, как правило, железа в крови этих организмов.

По данным Hall (1928); Hall, Gray (1929); Yakusizi (1936) и др., количество Fe в крови Teleostei в общем выше, чем в крови Elasmobranchii. Интересно отметить, что содержание Fe в крови Invertebrata, имеющих порфириновый Fe-комплекс (эритрокруорин и др.), еще меньше.

Следует отметить наблюдения Hall (1928) о повышении содержания Fe (как и некоторых других веществ) в крови рыб при недостатке кислорода (асфиксии рыб).

В белых мышцах рыб содержится в 1.5 раза меньше железа, чем в красных мышцах, т. е. распределение Fe здесь повторяет распределение в аналогичных мышцах у других Vertebrata и Invertebrata.

Наименьшие количества Fe находились в сперме рыб. Так, например, ни Mathews (1897), ни Lynch (1920) не удалось обнаружить Fe в сперме рыб. Schurting (1928) также отмечает только следы Fe в жидкости спермы форели. Наоборот, в икре рыб всегда повышено содержание Fe.

Таблица 301
Содержание Fe в крови рыб (в мг на 100 г)

Вид	Комментарий	Свежее вещество	Сухое вещество	Авторы
<i>Mustelus canis</i>		15.4	–	Hall, Gray, 1929
<i>Squalus mitsukurii</i>	Кровь	–	71.56	Yakusizi, 1936
	Плазма	5.693	83.154	Тот же
	Цитоплазма	–	80.152	«
	Протоплазма	–	6.77	«
<i>Dasyatis akajei</i>	♂; кровь	–	86.178	«
	♂; плазма	8.142	0.868	«
	♂; цитоплазма	–	188.90	«
	♂; протоплазма	–	13.32	«
	♀; кровь	–	82.512	«
	♀; плазма	7.307	1.137	«
	♀; цитоплазма	–	206.84	«
	♀; протоплазма	–	14.342	«
<i>Narcacion nobilianus</i>		8.8	–	Hall, Gray, 1929
<i>Brevoortia tyrannus</i>		41.0	–	Те же
<i>Anguilla rostrata</i>		20.4	–	«
<i>Leptocephalus nyriaster</i>	Кровь	17.746	114.763	Yakusizi, 1936
	Цитоплазма и плазма	–	121.065	Тот же
	Протоплазма	–	23.098	«
<i>Merluccius bilinearis</i>		19.4	–	Hall, Gray, 1929
<i>Sciaena albiflora</i>	♂; кровь	–	147.46	Yakusizi, 1936
	♂; плазма	21.647	3.769	Тот же
	♂; цитоплазма	–	221.49	«
	♂; протоплазма	–	15.681	«

Таблица 301 (продолжение)

Вид	Комментарий	Свежее вещество	Сухое вещество	Авторы
	♀; кровь	–	141.386	«
	♀; плазма	18.883	100.548	«
	♀; цитоплазма	–	192.56	«
	♀; протоплазма	–	10.838	«
<i>Stenotomus chrysops</i>		25.3	–	Hall, Gray, 1929
<i>Tautogolabrus adspersus</i>		27.7	–	Те же
<i>Scorpaenopsis scabrata</i>		43.0	–	«
<i>Pneumatophorus colias</i>		43.8	–	«
<i>Poronotus triacanthus</i>		27.4	–	«
<i>Palinurichthys perciformis</i>		21.7	–	«
<i>Prionotus carolinus</i>		23.7	–	«
<i>Sarda sarda</i>		45.5	–	«
<i>Lophopsetta maculata</i>		11.5	–	«
<i>Spheroides maculatus</i>		21.5	–	«
<i>Opsanus tau</i>		11.5	–	«
<i>Lophius piscatorius</i>		14.7	–	«

В тканях и растворах Fe находится в виде органических комплексов (цитохром, гемоглобин крови, Fe-комплексы в ткани селезенки, печени и т. п.) и частично, по-видимому, в виде солей (двухвалентного железа?). По Shackleton, McCance (1936), количество ионизированного железа, находящегося в тканях различных морских рыб, колеблется от 44 до 100% всего железа тканей рыб; по Saha (1941b), это количество колеблется от 30 до 90%.

13. Содержание Zn

В тканях рыб цинка содержится больше, чем меди, а иногда даже больше, чем железа, причем в 5–10 раз, как это видно из таблицы 302. Это обстоятельство еще не привлекло внимания физиологов.

Таблица 302
Содержание Zn в рыбах (в мг на 100 г)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Авторы
<i>Squalus acanthias</i>		15.5	–	I. Noddack, W. Noddack, 1939
<i>Squatina squatina</i> (?) (мор. ангел)		0.78	–	Bodansky, 1920
<i>Dasyatis sabina</i> (?) (мор. кот)		0.38	–	Тот же

Таблица 302 (продолжение)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Авторы
<i>Torpedo torpedo</i>		0.33	–	«
<i>Tarpon atlanticus</i> (?) (тарпон)		0.76	–	«
<i>Clupea harengus</i>		2.2	–	Bertrand, Vladesco, 1921
		5.0	–	Те же
<i>Clupea pilchardus</i>		2.9	–	Carteni, Aloj, 1934
<i>Sardinia caerulea</i>		0.016 (?)	–	Lepierre, 1938
<i>Engraulis encrasicolus</i>		1.5	–	Carteni, Aloj, 1934
<i>Oncorhynchus nerka</i> (?) (нерка кр.)		0.28	–	Bodansky, 1920
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>		0.80	–	Severy, 1923
<i>Salmo</i> sp. (форель пяти.)		1.02	–	Bodansky, 1920
<i>Tinca tinca</i>	7 месяцев	6.0	–	Bertrand, Vladesco, 1921
	91 месяц	8.1	–	Те же
	33 месяца	8.8	–	«
	7 лет	3.1	–	«
<i>Ailurichthys marinus</i>	Мышцы	0.81	–	Bodansky, 1922
	Плавательный пузырь	1.22	–	Тот же
	Плавники	10.25	–	«
	Кожа	1.22	–	«
	Кости	9.30	–	«
	Дуги	10.25	–	«
	Печень	3.1	–	«
<i>Galeichthys felis</i> (?) (зубатка)		12.44	–	Bodansky, 1920
<i>Anguilla anguilla</i>	Печень	7.3	–	Delezenne, 1919
	Мышцы	2.1	–	Тот же
	Кожа	Присутствует	–	«
	Селезенка	Присутствует	–	«
<i>Gadus macrocephalus</i>		–	12.5	Yamamura, 1935b
<i>Gadus morhua</i>		–	9.2	McHargue, 1925
<i>Merluccius bilinearis</i> (?) (хек серебр.)		0.74	–	Bodansky, 1920
<i>Merluccius vulgaris</i>		5.5	–	Carteni, Aloj, 1934
<i>Mugil cephalus</i>	2	0.27	–	Bodansky, 1920

Таблица 302 (окончание)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Авторы
<i>Ophiocephalus argus</i>	Мышцы	0.68	3.86	Koga, 1934b
	Печень	3.32	13.35	Тот же
	Кишки	2.22	10.85	«
<i>Polyprion americanus</i>		5.0	–	Carteni, Aloj, 1934
<i>Seriola dorsalis</i> (?) (yellowfish)		0.85	–	Bodansky, 1920
<i>Lutjanus aya</i>	Мышцы	0.23	–	Bodansky, 1922
	Плавательный пузырь	0.36	–	Тот же
	Жабры	0.56	–	«
	Плавники	1.0	–	«
	Кожа	1.06	–	«
	Кости	1.65	–	«
	Дуги	1.84	–	«
	Желудок	1.91	–	«
	Селезенка	4.35	–	«
	Печень	5.55	–	«
<i>Orthopristis chrysoferus</i> (?) (корокора)		0.84	–	Bodansky, 1920
<i>Micropogon undulatus</i> (?) (горбыль)		0.64	–	Тот же
<i>Pogonias chromis</i> (?) (драм)	Мальки	0.56	–	«
	Зрелая	0.96	–	«
<i>Pleuronectes</i> sp. (камбала)		1.43	–	«

Количественные данные для Zn были получены Bodansky (1920), Bertrand, Vladesco (1921) и некоторыми другими. Различия в содержании Zn в морских и пресноводных рыбах установить нельзя, так как нет количественных определений Zn в пресноводных рыбах. Некоторые органы рыб – печень, селезенка – концентрируют Zn до 10⁻²% на живой вес. В целом можно сказать, что концентрация Zn наблюдается в железистых органах. Bertrand, Vladesco (1922) допускали, что Zn играет какую-то физиологическую роль в процессах оплодотворения. В период нереста рыб Zn из мышц, как это видно из таблицы 303, перемещается в половые продукты самцов. Delezenne (1919) еще более определенно связывал обмен Zn с нуклеопротеидным обменом животных. С возрастом у рыб содержание Zn в тканях заметно увеличивается (см. табл. 302). Исключительно высокое содержание Zn в тканях некоторых рыб пытались объяснить питанием этих рыб моллюсками, как известно, особо богатыми Zn.

Мы видели, что икра рыб в известное время содержит Zn меньше, чем могут содержать молоки рыб. Hubbele, Mendel (1927) нашли $9 \cdot 10^{-40}$ Zn в тресковом жире.

Интересно распределение цинка в крови и разных частях красных кровяных шариков рыб [по Yakusizi (1936) и др.]:

Вид	Комментарии	Zn (в мг на 100 г)		Автор
		Сухое вещество	Свежее вещество	
<i>Squalus mitsukurii</i>	Кровь	5.71	0.45	Yakusizi, 1936
	Плазма	3.73	—	Тот же
	Цитоплазма	5.60	—	"
	Протоплазма	12.89	—	"
<i>Dasyatis akajei</i>	♂; кровь	3.13	0.30	"
	♂; плазма	2.25	—	"
	♂; цитоплазма	2.35	—	"
	♂; протоплазма	7.84	—	"
	♀; кровь	3.20	0.28	"
	♀; плазма	2.01	—	"
	♀; цитоплазма	3.13	—	"
	♀; протоплазма	8.14	—	"
<i>Anguilla</i> sp.	Кровь	7.8	1.26	Delezenne, 1919
<i>Leptocephalus nyriaster</i>	"	14.86	2.30	Yakusizi, 1936
	Плазма и цитоплазма	13.08	—	Тот же
	Протоплазма	40.76	—	"
<i>Ophiocephalus argus</i>	Кровь	—	7.3	Koga, 1934b
	Плазма	18.3	4.6	Тот же
	Цитоплазма	1.3	1.6	"
	Протоплазма	4.0	1.1	"
<i>Sciaena albiflora</i>	♂; кровь	9.78	1.44	Yakusizi, 1936
	♂; плазма	21.20	—	Тот же
	♂; цитоплазма	5.55	—	"
	♂; протоплазма	10.28	—	"
	♀; кровь	9.79	1.31	"
	♀; плазма	11.54	—	"
	♀; цитоплазма	6.64	—	"
	♀; протоплазма	21.68	—	"

Концентрация цинка в ядре эритроцитов рыб во много раз больше по сравнению с цитоплазмой. Вероятно, значительная часть цинка эритроцитов связана с карбонатгидразой, которая, как известно, содержит 0.33% цинка.

Таблица 303
Содержание Zn в органах и тканях *Clupea harengus*
в период оплодотворения (в мг на 100 г)

Пол; часть тела	H ₂ O, %	Свежее вещество	Сухое вещество
♂; мышцы	75.4	1.8	7.4
♂; тестикулы и молока	83.4	3.3	20.0

Таблица 303 (окончание)

Пол; часть тела	H ₂ O, %	Свежее вещество	Сухое вещество
♂; мышцы	71.0	4.7	16.2
♂; тестикулы и молока	81.4	6.4	34.5
♂; мышцы	75.0	4.0	16.2
♂; тестикулы и молока	80.7	1.2	6.0
♂; внутренности и жабры	81.8	1.3	6.9
♀; мышцы	73.1	2.4	12.7
♀; яичник и икра	77.7	2.8	12.4

В крови *Elasmobranchii* цинка меньше, чем в крови *Teleostei*. Некоторые качественные указания на содержание в рыбах и освещение некоторых вопросов истории возникновения исследований по Zn можно найти у Remy (1931). Несомненно одно: Zn играет важную физиологическую роль в организме рыб.

14. Содержание Си

Первые достоверные указания на нахождение меди в рыбах имеются у Harless (1847). Он нашел Си в печени *Acanthias*, *Zeus*, *Conger*²⁴. Систематические количественные определения меди в органах и тканях рыб были впервые произведены Dubois (1900), затем Rose, Bodansky (1920) и многими другими. Эти данные сведены в таблицу 304. В общем, Си несколько меньше в тканях рыб, чем Zn. Содержание Си приближается к содержанию Fe в тканях рыб. Различий в содержании Си у млекопитающих и рыб заметить нельзя. По имеющимся данным, отношение Fe/Si в тканях позвоночных сохраняется постоянным. Белые мышцы содержат несколько меньше Си, чем красные. Из органов, имеющих относительно высокое содержание Си, укажем печень, однако эта концентрация Си по сравнению с содержанием ее в других органах рыб невелика и не сравнима в этом отношении с концентрацией Fe. Некоторое повышение содержания Си имеется и в селезенке рыб. Си обнаружена во всех тканях рыб и икре. Shimada, Kaneda (1936), например, нашли Си около 0.01% в чешуе *Sardinia melanosticta*, *Cololabris saira* и *Cyprinus carpio* (пресноводная).

Различий в концентрации Си в органах и крови у ♂♂ и ♀♀ рыб нет. Однако в сперме ее несколько больше, чем в икре. В яйцах количество меди повышается по мере их развития путем адсорбции ее из среды.

В крови рыб Си не больше, чем у других *Vertebrata* (табл. 305). Колебания содержания Си в крови невелики, и, возможно, оно здесь окажется типическим. В течение сезона содержание меди в крови не меняется. Найденное высокое содержание Си в крови *Carassius carassius* еще не объяснено. Молодые рыбы содержат больше Си в крови, чем взрослые. Прямой связи между содержанием Си в крови и характером питания рыб как будто бы нет, хотя морские рыбы в общем содержат в крови несколько больше Си, чем пресноводные, что можно было бы поставить в связь с богатой Си морской пищей (беспозвоночные моря).

²⁴ См. еще более ранние указания у Ulex (1865). Новые данные у Sarata (1938).

Таблица 304
Содержание Си в мышцах, мягких частях рыб (в мг на 100 г)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
<i>Scyllium caniculata</i> (акула кош.)		–	0.43	Bertrand, 1943c
<i>Mustelus antarcticus</i>		0.004	–	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Squalus acanthias</i>		1.8 (!)	–	I. Noddack, W. Noddack, 1939
<i>Squatina squatina</i> (?) (angelfish)		0.42	–	Rose, Bodansky, 1920
<i>Raja</i> sp.		0.01	–	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Dasyatis</i> sp. (?)		0.52	–	Rose, Bodansky, 1920
<i>Torpedo</i> sp.		0.35	–	Те же
<i>Tarpon atlanticus</i>		0.24	–	Parks, Rose, 1933
<i>Alosa sapidissima</i> (шэд)		0.22	–	Те же
		0.23	–	Lindow, Elvehjem, Peterson, 1929
<i>Clupea harengus</i> * 2		0.32	–	Parks, Rose, 1933
		Следы	–	Dubois, 1900
	Печень	–	1.42	Cunningham, 1931
	Кожа	–	0.23	Тот же
	Мясо	–	0.23	"
	♀; пол. органы	–	0.21	"
	♂; пол. органы	–	0.23	"
<i>Clupea pilchardus</i>		0.4	–	Carteni, Aloj, 1934
		–	3.2**	Riddell, 1936b
<i>Clupea sardinea</i>		1.82	–	Dubois, 1900
<i>Potamalosa novae-hollandiae</i>		0.01	–	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Sardinia</i> sp.		0.07	–	Lepierre, 1938
<i>Sardinia caerulea</i>		0.166	–	Nilson, Coulson, 1939
<i>Engraulis encrasicolus</i>		0.5	–	Carteni, Aloj, 1934
<i>Oncorhynchus kisutch</i> **		–	3.4**	Riddell, 1936b
<i>Oncorhynchus kisutch</i> (горбуша)		–	5.1**	Тот же
<i>Oncorhynchus nerka</i>		–	7.0**	Riddell, 1936b
<i>Oncorhynchus nerka</i> (?) (нерка кр.)		0.20	–	Rose, Bodansky, 1920

Таблица 304 (продолжение)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
<i>Oncorhynchus tschawytscha</i>		0.4	—	Severy, 1923
<i>Salmo</i> sp.		0.2	—	Parks, Rose, 1933
<i>Salmo fario</i>	Пресноводная	0.31	—	Те же
<i>Salmo</i> sp. (?) (форель пятн.)		0.18	—	Rose, Bodansky, 1920
<i>Osmerus eperlanus</i>	Пресноводная	0.33	—	Parks, Rose, 1933
<i>Cyprinus carpio</i>	5; мышцы	0.2001	—	Sarata, 1938
	5; ♂♂; красные мышцы	0.2224	—	Тот же
	5; ♂♂; белые мышцы	0.1405	—	"
	7; ♀♀; красные мышцы	0.2243	—	"
	7; ♀♀; белые мышцы	0.1495	—	"
		Следы	—	Dubois, 1900
<i>Tinca vulgaris</i>		"	—	Тот же
<i>Galeichthys felis</i> (зубатка)		"	—	Rose, Bodansky, 1920
<i>Silurus</i> sp.		0.24	—	Parks, Rose, 1933
<i>Calarias batrachus</i>	Мышцы	0.148	—	Saha, 1941a
<i>Saccobranchus fossilis</i>	"	0.153	—	Тот же
<i>Esox</i> sp.	4; пресноводная	0.24	—	Parks, Rose, 1933
<i>Anguilla anguilla</i>		0.17	—	Те же
<i>Leptocephalus</i> sp.		0.001	—	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Gadus</i> sp.		0.23	—	Parks, Rose, 1933
<i>Gadus aeglefinus</i>	16; мышцы	—	1.13	Crooks, Ritchie, 1939
<i>Gadus merlangus</i> (Merlan)		—	0.33	Bertrand, 1943c
<i>Gadus morhua</i>		0.38	—	Parks, Rose, 1933
		—	4.4	McHargue, 1925
	Печень	1.5	—	Ter Meulen, 1931
<i>Gadus morhua</i> (треска)		0.22	—	Кубовец, 1930***
<i>Gadus morhua</i>		0.041	—	Nilson, Coulson, 1939
<i>Lota vulgaris</i>	Пресноводная	0.41	—	Parks, Rose, 1933
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>		0.041	—	Nilson, Coulson, 1939

Таблица 304 (продолжение)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
<i>Merluccius hilinearis</i> (хек серебр.)		0.1	—	Rose, Bodansky, 1920
<i>Merluccius vulgaris</i>		0.6	—	Carteni, Aloj, 1934
<i>Trachichthodes affinis</i>		0.002	—	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Zeus australis</i>		0.002	—	Те же
<i>Sphyaena novaehollandiae</i>		0.002	—	"
<i>Mugil cephalus</i>		0.082	—	Nilson, Coulson, 1939
		0.003	—	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Mugil cephalus</i> (кефаль)		0.24	—	Rose, Bodansky, 1920
<i>Polynemus</i> sp.		0.01	—	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Lates calcarifer</i>		0.02	—	Те же
<i>Lateolabrax japonicus</i>	5; мышцы	3.708	—	Sarata, 1938
	5; печень	36.6706	—	Тот же
	5; селезенка	31.2752	—	"
<i>Epinephelus ergastularius</i>		0.01	—	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Epinephelus</i> sp.		0.002	—	Те же
<i>Plectroplites ambiguus</i>		0.004	—	"
<i>Polyprion americanus</i>		0.4	—	Carteni, Aloj, 1934
<i>Pelates sexlineatus</i>		0.004	—	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Perca fluviatilis</i>	Пресноводная	0.21	—	Parks, Rose, 1933
<i>Sillago</i> sp.		0.01	—	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Pomatomus pedica</i>		0.01	—	Те же
<i>Caranx georgianus</i>		0.004	—	"
<i>Regificola grandis</i>		0.01	—	"
<i>Seriola dorsalis</i> (?) (yellow fish)		0.27	—	Rose, Bodansky, 1920
<i>Arripis georgianus</i>		0.003	—	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Arripis trutta</i>		0.01	—	Те же
		0.01	—	"
<i>Lutjanus blackfordi</i> (окунь риф.)		0.16	—	Lindow, Elvehjem, Peterson, 1929
		0.038	—	Nilson, Coulson, 1939
<i>Orthophristis chrysopterus</i> (корокоро)		0	—	Rose, Bodansky, 1920

Таблица 304 (продолжение)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
<i>Sciaena antarctica</i>		0.01	–	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Sciaena coitor</i>		0.053	–	Saha, 1941a
<i>Pogonias chromis</i> (?) (горбыль)		0.27	–	Rose, Bodansky, 1920
<i>Micropogon undulatus</i> (горбыль волн.)		0.25	–	Те же
<i>Cynoscion atelodus</i>		0.01	–	"
<i>Chrysophrys guttulatus</i>		0.01	–	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Roughleyia australis</i>		0.003	–	Те же
<i>Girella tricuspidata</i>		0.003	–	"
<i>Scatophagus argus</i>		0.01	–	"
<i>Ctenolabrus rupestris</i>		5.3 (!)	–	I. Noddack, W. Noddack, 1939
<i>Chilodactylus macropterus</i>		0.01	–	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Thyrsites atun</i>		0.01	–	Те же
<i>Scomber australasicus</i>		0.003	–	"
<i>Scomber scombrus</i>		0.115	–	Nilson, Coulson, 1939
		0.86	4.57	Maquenne, 1919
		0.26	–	Parks, Rose, 1933
<i>Scomber</i> sp. (dorade)		–	0.90	Bertrand, 1943c
<i>Anabas testudineus</i>	Мышцы	0.162	–	Saha, 1941a
<i>Trigla</i> sp. (Rouget grondin)		–	0.58	Bertrand, 1943c
<i>Macullochella macquariensis</i>		0.01	–	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Neoplatycephalus macrodon</i>		0.003	–	Те же
<i>Pleuronectes arsius</i>		0.01	–	"
<i>Pleuronectes</i> sp. (камбала)		0.23	–	Rose, Bodansky, 1920
		0.18	–	Parks, Rose, 1933
<i>Synaptura nigra</i>		0.003	–	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Monacanthus chinensis</i>		0.004	–	Те же
<i>Pseudomonacanthus ayraudi</i>		0.004	–	"
<i>Mola</i> sp.		0.14	–	Parks, Rose, 1933
<i>Lepadogaster gouanii</i>		–	40.0****	Webb, 1937

Таблица 304 (окончание)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
<i>Reporhamphus australis</i>		0.002	–	Clements, Hutchinson, 1939
<i>Roboralga jacksoniensis</i>		0.01	–	Те же
(Cutlah) <i>Sciaena maculata</i>		0.029	–	Choudhury, Basu, 1939

* По Lehmann (1895), в соленой Clupea harengus содержится 0.25 мг Cu в 100 г.
 ** В % золы.
 *** Из неопубликованных материалов Биогеохимической лаборатории АН СССР.
 **** В % веса катионов золы.

Таблица 305
Содержание Cu в крови рыб (в мг на 100 г)

Вид	Cu	Автор
<i>Carassius carassius</i>	0.449–0.456	Sarata, 1933
<i>Cyprinus carpio</i>	1.095–1.178	Kosaka, 1931
<i>Cyprinus carpio</i> (♂)	0.0891–0.1089	Sarata, 1938
<i>Cyprinus carpio</i> (♀)	0.0869–0.1088	Тот же
<i>Cyprinus cypris</i>	0.07–0.116	Sarata, 1933
<i>Leuciscus hakonensis</i>	0.169–0.178	Тот же
<i>Parasilurus asotus</i>	0.055–0.069	«
<i>Lateolabrax japonicus</i>	0.1226–0.1296	Sarata, 1938
	0.213	Sarata, 1933
<i>Seriola</i> sp.	0.376–0.425	Kosaka, 1931
<i>Sebastes schlegeli</i>	0.138–0.142	Sarata, 1933
<i>Pleuronectes</i> sp. (flatfish)	0.137–0.139	Тот же

Sarata (1938), занимающийся вопросом обмена Cu у рыб в связи с их биологическим состоянием, считает, что пелагические рыбы богаче Cu (в крови), чем рыбы, живущие на дне, придонные, например камбала (менее «активные»). Он ставит это в зависимость от респираторной емкости крови этих рыб. Значительная часть Cu крови находится в кровяных шариках. Хорошо известно, что медный обмен у позвоночных находится в связи с порфириновым (гемоглобиновым) обменом организма. Это имеет место и у рыб.

15. Содержание Al

Сложность определения малых количеств Al в тканях организмов препятствует до сих пор правильным представлениям о количестве Al в тканях рыб. Несомненно сейчас, что количество его в рыбах значительно меньше, чем в Invertebrata. Отдельные определения Al в мышцах рыб были сделаны Winter, Bird (1929); Oya, Shimada (1933); Yamamura (1934); Meunier (1936).

Таблица 306
Содержание Al в тканях рыб (в мг на 100 г)

Вид	Номер	Сухое вещество	Зола	Авторы
<i>Mustelus manazo</i>	3	1.74	8.01	Oya, Shimada, 1933
<i>Squalus</i> sp. (?)		0.70	–	Meunier, 1936
<i>Clupea harengus</i>		1.10	–	Winter, Bird, 1929
<i>Sardinella melanosticta</i>	2	9.99	34.54	Oya, Shimada, 1933
<i>Coregonus</i> sp. (сиг)		1.58	–	Winter, Bird, 1929
<i>Cyprinus carpio</i>	3	4.61	22.29	Oya, Shimada, 1933
<i>Gadus macrocephalus</i>		0.017	1.2	Yamamura, 1934
<i>Gadus morrhua</i> (треска)		0.78	–	Winter, Bird, 1929
<i>Lateolabrax japonicus</i>		4.45	19.66	Oya, Shimada, 1933
<i>Sparus latus</i>		2.74	12.57	Те же
<i>Labrax</i> sp. (?)		0.36	–	Meunier, 1936
<i>Thunnus orientalis</i>		17.91	56.28	Oya, Shimada, 1933
<i>Limanda</i> sp.		3.23	14.64	Те же

Нами в Биогеохимической лаборатории были сделаны попытки определения алюминия в целых рыбах. Порядок содержания алюминия в рыбах – около $n \cdot 10^{-4}$ – $n \cdot 10^{-3}\%$ на сухое вещество (табл. 306).

16. Содержание Hg

Содержание ртути в мышечной и других тканях рыб (как морских, так и пресноводных), как показали Stock, Cucuel (1934), в несколько раз выше, чем в мышцах и других тканях млекопитающих (в %):

<i>Salmo fario</i> (пресноводная форель)	$2.8 \cdot 10^{-6}$
<i>Tinca vulgaris</i> (пресноводная)	$1.8 \cdot 10^{-5}$
	$6.5 \cdot 10^{-6}$
<i>Gadus</i> sp. (хек)	$3.8 \cdot 10^{-6} \dots 5.5 \cdot 10^{-6}$
<i>Gadus callarias</i>	$2.4 \cdot 10^{-6} \dots 8.2 \cdot 10^{-6}$
<i>Gadus morrhua</i>	$1.0 \cdot 10^{-5}$

Морская вода содержала $3 \cdot 10^{-9}\%$ Hg, т. е. содержание ртути в тканях рыб и других морских организмов во много раз больше, чем в морской и пресной воде²⁵.

17. Содержание Pb, Mo, Ni, Co, Ti, Cr, Ag, Nb, V в тканях рыб

Свинец. По Kringstad (1935), в *Clupea sprattus* и *Clupea harengus* содержится от $1 \cdot 10^{-5}$ до $2 \cdot 10^{-5}\%$ Pb в свежем веществе (или от $3 \cdot 10^{-5}$ до $6 \cdot 10^{-5}\%$ в сухом веществе). Thiergardt (1897) указывает на нахождение Pb в мясе рыб. Lepietge (1938) в свежих сардинах (*Sardinia coerulea*) нашел до $4 \cdot 10^{-5}\%$ Pb на свежее вещество²⁶,

²⁵ В пресной воде – $1 \cdot 10^{-9}\%$ Hg.

²⁶ Vouy (1934) нашел $2.2 \cdot 10^{-5}\%$ Pb в свежих сардинах.

а I. Noddack, W. Noddack (1939) спектроскопически нашли в *Squalus acanthias* $2 \cdot 10^{-5}\%$ Pb на сухое вещество. Помимо этих крайне скудных данных, имеются более многочисленные определения Pb в рыбных консервах, которые, конечно, не могут дать истинного представления об обычном содержании Pb в рыбах. Webb (1937) нашел в *Lepadogaster gouanii* 0.004% Pb на минеральный остаток.

Молибден и ванадий. Единственные определения Mo в рыбах имеются у Ter Meulen (1931) для печени трески – 0.12 мг Mo в 1 кг и у I. Noddack, W. Noddack (1939) в *Squalus acanthias* – $2 \cdot 10^{-5}\%$ Mo, а в *Ctenolabrus rupestris* – $5 \cdot 10^{-5}\%$ Mo на сухое вещество. D. Bertrand (1943с) обнаружил (в % живого вещества):

	Молибден	Ванадий
<i>Scyllium caniculata</i>	$1.1 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-6}$
<i>Gadus merlangus</i>	$1.3 \cdot 10^{-4}$	$1.4 \cdot 10^{-5}$
<i>Scomber</i> sp.	$6 \cdot 10^{-4}$	$2.2 \cdot 10^{-5}$
<i>Trigla</i> sp.	$8.5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-6}$

Никель и кобальт. Содержание Ni и Co в тканях рыб было определено Bertrand, Mâcheboeuf (1925a) и I. Noddack, W. Noddack (1939), как показано в таблице 307.

Таблица 307
Содержание Ni и Co в рыбах (в мг на 100 г)

Вид	Никель			Кобальт			Авторы
	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	Живое вещество	Сухое вещество	Зола	
<i>Squaalus acanthias</i>	–	0.03	–	–	0.01	–	I. Noddack, W. Noddack, 1939
<i>Osmerus eperlanus</i>	0.015	0.065	0.50	0.11	0.14	1.0	Bertrand, Mâcheboeuf, 1925a
Хек	0.014	0.068	0.50	0.028	0.14	1.0	Те же
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	–	3.1	–	–	0.38	–	I. Noddack, W. Noddack, 1939

Интересно отметить, что содержание Co в тканях рыб оказалось больше, чем Ni. В воде моря никеля больше, чем кобальта. Приводим новые данные Д. Малюги (1946):

Вид	Кобальт, %			Никель, %		
	Зола	Сухое вещество	Живое вещество	Зола	Сухое вещество	Живое вещество
<i>Gadus aeglefinus</i>	$4.2 \cdot 10^{-4}$	$6.8 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$6.3 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1.5 \cdot 10^{-6}$
<i>G. morhua</i>	$2.7 \cdot 10^{-4}$	$3.3 \cdot 10^{-5}$	$6.5 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1.3 \cdot 10^{-5}$	$2.4 \cdot 10^{-5}$
<i>G. morhua</i> (мальки)	$2.8 \cdot 10^{-4}$	$4.2 \cdot 10^{-5}$	$7.6 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$1.0 \cdot 10^{-4}$	$1.8 \cdot 10^{-6}$
<i>G. virens</i>	$2.4 \cdot 10^{-4}$	$4.0 \cdot 10^{-5}$	$7.0 \cdot 10^{-6}$	$5.5 \cdot 10^{-4}$	$1.1 \cdot 10^{-4}$	$1.6 \cdot 10^{-5}$

Подобное изменение отношений Ni/Co в тканях организмов мы отмечали выше. Очень возможно, имея в виду ряд наблюдений о влиянии Co на организмы²⁷, что кобальт имеет какое-то важное физиологическое значение для организмов и, может быть, более важное, чем никель²⁸, вероятно вследствие способности Co давать соединения трех разных валентностей.

Титан. Содержание Ti очень невелико и составляет (в мг на 1 кг):

Вид	Свежее вещество	Сухое вещество	Зола	Автор
<i>Squalus acanthias</i>	–	0.7	–	I. Noddack, W. Noddack, 1939
<i>Osmerus eperlanus</i>	0.03	–	1.35	Bertrand, Voronca-Spirt, 1930
<i>Cyprinus carpio</i>	0.04	–	1.61	Те же
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	–	7.0	–	I. Noddack, W. Noddack, 1939
<i>Merlangus vulgaris</i>	0.05	–	2.27	Bertrand, Voronca-Spirt, 1930
<i>Scomber scombrus</i>	0.03	–	1.32	Те же

Другие тяжелые металлы. Newell, McCollum (1931), помимо некоторых уже названных химических элементов, качественно спектроскопически обнаружили в золе мяса рыб – макрели, сельди, лосося и др. – Cr, Ag, V и, возможно, присутствие Nb. Количественные определения, помимо указанных химических элементов – V, Cr, Ga, Ge, Sb, Bi и Sn, произвели I. Noddack, W. Noddack (1939) в *Squalus acanthias* и *Ctenolabrus rupestris* (в мг на 100 г сухого вещества):

	V	Cr	Ag	Au	Cd	Ga	Ge	Sn	Sb	Bi	As
<i>Squalus acanthias</i> (потрошенная)	0.18	0.02	–	–	–	0.01	0.04	0.2	0.02	0.0025	0.6
<i>Ctenolabrus rupestris</i> (целяя)	0.16	–	1.1	0.001	0.3	0.02	0.22	0.47	0.02	0.005	1.2

18. Содержание щелочных и щелочноземельных элементов

Известны лишь качественные указания Ghittenden (1877) о нахождении Li в тканях *Hippoglossus americanus*. Delachanal, Mermet (1874) нашли 0.08% Li₂O в кишечном камне осетра.

Ни для Rb, ни для Cs никаких данных о содержании их в тканях рыб не известно. Стронций, очевидно, находится во всех тканях морских рыб (и, вероятно, больше, чем в пресноводных). Качественно он был обнаружен многими. Постоянно в CaO (получаемом при определении Ca) из рыб мы могли обнаружить Sr. На это же указывают спектроскопические качественные определения Newell, McCollum (1931) и др. Webb (1937) спектроскопически определил в *Lepadogaster gouanii* 0.15% Sr (в % суммы катионов золы).

²⁷ См. А. Виноградов (1938): *On Biogeochemical Provinces and Endemics*.

²⁸ Недавнее открытие Co-содержащего витамина B¹² делает биогеохимическое значение Co значительно более важным, чем Ni.

19. Содержание В

Значение бора для рыб совершенно неизвестно. Количественных данных для бора в морских (и пресноводных) рыбах почти нет. Bertrand, Agulhon (1913) получили ориентировочные данные, из которых следует, что морские рыбы – угорь, макрель, мерлан, камбала, *Scyllium caniculata* – содержат бора несколько больше, чем пресноводные рыбы, такие как, например, карп, форель и линь. Морская вода, как известно, содержит в сотни раз больше бора, чем вода рек и озер. Приводим новые данные из нашей лаборатории (табл. 308).

Таблица 308
Содержание В в рыбах (в %)

Вид	Сухое вещество	Живое вещество	Автор
<i>Clupea harengus</i>	$3.0 \cdot 10^{-4}$	$1.5 \cdot 10^{-4}$	Глебович, 1941
<i>Gadus aeglefinus</i>	$1.75 \cdot 10^{-3}$	$3.45 \cdot 10^{-4}$	Тот же
<i>G. morhua</i>	$5.76 \cdot 10^{-3}$	$1.83 \cdot 10^{-4}$	«
<i>G. morhua</i> *	$1.5 \cdot 10^{-4}$	$3.05 \cdot 10^{-5}$	«
<i>G. virens</i>	$6.32 \cdot 10^{-4}$	$1.3 \cdot 10^{-4}$	«
<i>G. virens</i> *	$3.59 \cdot 10^{-3}$	$6.24 \cdot 10^{-4}$	«
<i>Lepadogaster gouanii</i> **	$1 \cdot 10^{-2}$	–	Webb, 1937

* Мальки.
** В % суммы катионов золы.

20. Содержание сильно радиоактивных химических элементов

Содержание Ra в рыбах (как и у Invertebrata) такого же порядка или несколько выше, чем в воде моря ($10^{-140}\%$), т. е. на порядок ниже, чем в морских водорослях ($10^{-120}\%$).

В Биогеохимической лаборатории АН СССР К. Кунашева производила определения Ra в ряде рыб (1930). *Pholis gunellus* дана для сравнения:

Вид	Зола	Свежее вещество	Автор
<i>Clupea harengus</i> (5 лет)		$1.5 \cdot 10^{-13}$	Кунашева, 1930
<i>Gadus aeglefinus</i>		$5.5 \cdot 10^{-13}$	Тот же
<i>G. morhua</i> (мальки)		$5.2 \cdot 10^{-13}$	«
<i>G. morhua</i> (взрослые)		$3.6 \cdot 10^{-13}$	«
<i>Cottus gobia</i>	$2.7 \cdot 10^{-11}$	$1.35 \cdot 10^{-12}$	Бурксер, Шапиро, Бронштейн, 1929
<i>Pleuronectes platessa</i> (Кольский залив)		$6.5 \cdot 10^{-13}$	Кунашева, 1930
<i>Pholis gunellus</i> (в мясе)		$1.6 \cdot 10^{-13}$	Тот же

21. Содержание Br

Можно сказать с полным основанием, что в некоторых тканях морских рыб содержание Br будет во много раз больше, чем в тканях пресноводных рыб и других организмов. Исключительный интерес представило бы изучение распределения Br в тканях, в частности, в крови у тех рыб, которые одну часть своей жизни проводят в условиях морского водоема, а другую – в условиях пресноводного бассейна.

То или иное определение содержания Br в крови пресноводных рыб (а также наземных Vertebrata) и морских рыб могло бы по-новому осветить вопрос о формировании солевого состава плазмы крови животных. Между тем определений брома в рыбах явно недостаточно. Качественно еще Sarghathi (1834) указал Br в *Pleuronectes*, затем указывал в рыбьем жире трески Jonas (1838), позже и другие. Rabuteau, Papillon (1873) нашли Br в кишечном соке акулы. В икре *Pleuronectes platessa* в нашей лаборатории А. Симорин нашел $2.2 \cdot 10^{-3}\%$ брома на живое вещество. Neufeld (1936) дал первые количественные определения для брома в щитовидной железе морских рыб (в % на сухое вещество):

<i>Scyllium caniculata</i>	$6.5 \cdot 10^{-2}$
<i>Acanthias vulgaris</i>	$1.8 \cdot 10^{-2}$
<i>Squalus suckleyi</i>	$3.7 \cdot 10^{-2}$
<i>Raja clavata</i>	$7.8 \cdot 10^{-2}$
<i>Hydrolagus colliei</i> (икра)	$3.7 \cdot 10^{-2}$
<i>Blicca björkna</i> (пресноводная)	$6.91 \cdot 10^{-4}$
<i>Rutilus rutilus</i> (пресноводная)	$7.73 \cdot 10^{-4}$ (Селиванов, 1941)
<i>Esox lucius</i> (пресноводная)	$7.45 \cdot 10^{-4}$ Тот же
<i>Perca fluviatilis</i> (пресноводная)	$4.35 \cdot 10^{-3}$

Такие же количества брома были найдены и в щитовидной железе у некоторых наземных позвоночных (например, свиньи – $4.9 \cdot 10^{-5}\%$; овцы – $2.2 \cdot 10^{-5}\%$). Для пресноводных рыб аналогичных данных, к сожалению, нет.

22. Содержание F

О содержании фтора в костях рыб было известно по старым определениям, например, Brummerstädt (1855), Lehmann (1895), Marchand (1842) и др. Некоторые определения F в костях, в частности рыб, не могут быть приняты во внимание, так как они получены по разности при анализе золы костей и поэтому, как сейчас нам известно, неверны [например, см. подобные определения у Vibra (1844), там же и литература]. Первые достоверные и систематические определения F в костях, производных мезодермы и эктодермы –

чешуе рыб, перьях птиц и т. д. – были произведены Gautier, Clausmann (1913a, b), обративших внимание на сходное содержание в этих тканях фтора. Carnot (1892) нашел даже, что чешуя рыб, кости плавников рыб содержат одинаковое количество фтора (в %):

	Свежее вещество	Сухое вещество	Зола
Чешуя	0.049	0.060	0.144
Кости плавников	0.050	0.058	0.145

Gautier, Clausmann (1913a, b) нашли те же количества F, а именно: в золе чешуи – 0.13%, а в костях – 0.14% F (табл. 309).

Klement (1935) подверг исследованию на содержание F кости как морских, так и пресноводных рыб (табл. 309). Из данных видно, что у всех морских рыб как Elasmobranchii, так и Teleostei содержание F в костях, зубах в среднем в 10 раз больше, чем в тех же тканях у пресноводных рыб, т. е. во столько раз, во сколько выше содержание F в морской воде, чем в воде пресных водоемов. Очевидно, существует известная адаптация организмов, в частности морских рыб, к определенным концентрациям F в воде. Напомним, что небольшие изменения в концентрациях F в пресных водоемах вызывают, в частности, у пресноводных рыб этих водоемов появление так называемой крапчатости эмали зубов²⁹ и даже нарушения нормального состава их костей.

Что касается содержания F в других – мягких – тканях рыб, то данных очень мало. В среднем в тканях рыб содержится около $n \cdot 10^{-4}\%$ F на живое вещество.

Таблица 309
Содержание F в костях рыб (в %)

Вид	Кости	F
Пресноводные виды		
<i>Coregonus wartmanni</i>	Позвонки	0.022
<i>Esox lucius</i>	Головы	0.027
<i>Perea fluviatilis</i>	Позвонки	0.043
<i>Lucioperca sandra</i>	«	0.043
		Среднее 0.03
Морские виды		
<i>Heptanchus cinereus</i>		1.08
<i>Lamna</i> sp.	Хрящевые пластинки*	0.59
	Зубы	0.74
<i>Carcharias fasciatus</i>		0.69
<i>Gadus morhua</i>	Позвонки	0.11
	«	0.16
<i>Cottus scorpius</i>	«	0.43
<i>Pleuronectes flesus</i>	«	0.07
<i>Pleuronectes platessa</i>	«	0.043
		Среднее 0.43

* Зубы ископаемой *Lamna* (Oligocene) содержали 2.84% F в результате фоссилизации.

Churchill, Bridges, Rowley (1937) находили, например, в макрели $3.9 \cdot 10^{-4}\%$, а в съедобных частях лосося – $4.5 \cdot 10^{-4}\%$, в сардинах – $7.3 \cdot 10^{-4}\%$ F. По Lepietre (1938), в сардинах (*Sardinia portugalalis*) содержится от $2.1 \cdot 10^{-3}$ до $3.4 \cdot 10^{-3}\%$ F на свежее вещество.

23. Содержание I

О нахождении иода в рыбах, в частности в морских, стало известно вскоре после его открытия. Sarghati (1834) тогда же указал на нахождение иода (и Br) в тканях

²⁹ См. А. Виноградов (1938): *On Biogeochemical Provinces and Endemics*.

Pleuronectes. Затем на некоторое время этот вопрос перестал привлекать внимание ученых, и лишь за последние 30–40 лет (XIX в. – *Прим. ред.*) распределение иода в тканях и органах разных рыб было изучено с большой полнотой. За этот короткий срок были сделаны тысячи определений иода в тканях около 150 видов рыб. В сороковых годах (XIX в.) почти одновременно многими учеными было показано содержание иода в рыбьем (тресковом) жире, получаемом выжиманием из печени рыб. По-видимому, Hopfer de l'Orme из Хануа (1836) один из первых доказал содержание иода в рыбьем жире. Одновременно с ним доказали то же Hansmann (1837), Jonas (1838), Gmelin (1839), Stein (1840), Wackenroder (1841) и многие др. Приводим некоторые новые данные, касающиеся содержания иода в рыбьем жире и печени (табл. 310).

Помимо рыбьего жира, стало известно содержание иода и в исходном материале – печени рыб. Так, например, мы находим определения иода в печени рыб у Gaggod. Примерно в 80-х гг. (XIX в.) число этих данных стало сильно расти благодаря исследованиям Bird (1881), Stanford (1883a, c), Heuerdahl (1895) и многих др. О характере распределения иода в рыбьем жире и печени рыб дают представление таблицы 310 и 311.

Возвратимся к истории исследований по распределению иода в органах и тканях рыб. Первые систематические определения иода в этом направлении были произведены в работах Stanford (1883a, c), Bourcet (1900), затем отчасти и уже в начале нашего (XX в. – *Прим. ред.*) века многими другими. Напомним лишь некоторых из них, давших особенно большой материал по содержанию иода в тканях и органах рыб, а именно: Cameron (1914, 1915a); Tressler, Wells (1924); Lunde, Closs, Haaland, Madsen (1928); Jarvis (1928) и многие др.

Таблица 310
Содержание иода в печени и в жире из печени *Gadus morhua*
(в мг на 100 г свежего вещества)

Печень	Жир	Автор
0.817	0.14–0.43	Stanford, 1883c
–	0.327–0.72	Fellenberg, 1924
–	0.993–1.355	Bird, 1881
–	0.45–1.52	Lunde, Closs, Haaland, Madsen, 1928
0.325	0.506	Isenbruch, 1927
–	0.91–1.65	Orr, Leitch, 1929
–	0.40–0.615	Marcelet, 1925

Многие данные по содержанию иода в тканях рыб приведены нами в таблице 311³⁰.

Следует оговориться, что мы избегали пользоваться данными, относящимися к обработанной, а не к свежей рыбе – соленой, вяленой и т. п., так как нам хорошо известно, что подобная обработка приводит к потере тканями рыб иода. Поэтому огромный материал по содержанию иода в консервированной рыбе, рыбьей муке и тому подобных рыбных продуктах, естественно, не нашел своего отражения в данных, помещенных в таблицу 311. Подобные данные имеются в работах Fellenberg (1924), Lunde и его учеников (1928), Pitnaik (1934) и многих др.

³⁰ См. также Coulson (1935b); Westgate (1936), а также краткие сводки Roman (1930b).

Таблица 311
Содержание иода в мышцах, мягких тканях рыб (в мг на 100 г)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Место сбора	Автор
Squalidae					
<i>Acanthias vulgaris</i>		0.040	–	Везермюнде	Wille, 1929
Rajidae					
<i>Raja clavata</i>		–	0.02	–	Bourcet, 1900
Holocephali					
<i>Hydrolagus colliei</i>	Икра	–	0.029	США	Cameron, 1915b
Acipenseridae					
<i>Acipenser transmontanus</i>		–	0.1539	–	Jarvis, 1928
Amiidae					
<i>Amiatus calva</i>		0.002	0.008	Р. Миссисипи, США	Tressler, Wells, 1924
Lepidosteidae					
<i>Lepidosteus osseus</i>		0.01	0.004	То же	Те же
Clupeidae					
<i>Alosa sapidissima</i>		–	0.0899	–	Jarvis, 1928
<i>Alosa sardinia</i>		–	0.06	–	Bourcet, 1900
<i>Brevoortia tyrannus</i>		0.046	0.09	Вудс-Хол, Масс., США	Lunde, Bøe, Closs, 1930
<i>Clupea</i> sp. (сардины)		0.0479	–	Калькутта	Patnaik, 1934
<i>Clupea harengus</i>		0.045	–	Везермюнде	Wille, 1929
		0.049	0.089	–	Wells, 1925
	3	–	0.18	–	Bourcet, 1900
	Молоки	–	0.06	–	Тот же
	Икра	–	0.08	–	"
		0.075	0.243	–	Lunde, Bøe, Closs, 1930
<i>Clupea harengus</i>	Мясо и кожа	0.0166	(0.052)	–	Closs, 1931
	Мясо	0.06	0.224	–	Lunde, Closs, Haaland, Madsen, 1928
		–	0.03	Аляска	McClendon, Hathaway, 1924
		0.013	0.032	–	Coulson, 1935b
		0.045	–	Везермюнде	Wille, 1929
<i>Clupea pallasii</i>		0.0214	0.0701	США	Jarvis, 1928
<i>Clupea pilchardus</i>		0.70	–	Неаполитанский залив	Carteni, Aloj, 1934

Таблица 311 (продолжение)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Место сбора	Автор
<i>Pomolobus pseudoharengus</i>		0.026	0.05	США	Tressler, Wells, 1924
<i>Sardinia caerulea</i>		0.013	–	"	Nilson, Coulson, 1939
		0.001	–	Средиземное море	Lepierre, 1938
Dorosomidae					
<i>Dorosoma cepedianum</i>		0.001	0.004	Р. Миссисипи	Tressler, Wells, 1924
Engraulidae					
<i>Engraulis encrasicolus</i>		1.2	–	Неаполитанский залив	Carteni, Aloj, 1934
Salmonidae					
<i>Cisco</i> sp.	Пресноводная	0.024	0.055	оз. Эри, США	Tressler, Wells, 1924
<i>Cisco</i> (<i>Argyrosomus</i>) sp.	Икра	0.027	0.087	То же	Те же
<i>Coregonus clupeaformis</i>		0.003	0.011	Оз. Эри, США	"
<i>Oncorhynchus gorbuscha</i>		0.0397	–	Сиэтл, Вашингтон, США	Lunde, Bøe, Closs, 1930
	Кожа	0.161	–	То же	Те же
		0.0186–	0.0651–	Пьюджет-Саунд,	Jarvis, Clough, Clark,
		0.0569	0.1559	Вашингтон, США	1926
		0.0264	0.090	То же	Jarvis, 1928
<i>Oncorhynchus keta</i>		0.047	–	Сиэтл, Вашингтон, США	Lunde, Bøe, Closs, 1930
		0.0132–	0.0477–	Пьюджет-Саунд,	Jarvis, Clough, Clark,
		0.042	0.0912	Вашингтон, США	1926
		0.024	0.0822	США	Jarvis, 1928
<i>Oncorhynchus kisutch</i>		0.011	–	Сиэтл, Вашингтон, США	Lunde, Bøe, Closs, 1930
		0.0206	0.0698	–	Jarvis, 1928
<i>Oncorhynchus nerka</i>		0.08	–	Сиэтл, Вашингтон, США	Lunde, Bøe, Closs, 1930
	5	0.0132–	0.0484–	Пьюджет-Саунд,	Jarvis, Clough, Clark,
		0.0519	0.1464	Вашингтон, США	1926
		0.040	0.1246	То же	Jarvis, 1928
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>		0.0139	–	Сиэтл, Вашингтон, США	Lunde, Bøe, Closs, 1930
	Кожа	0.180	–	То же	Те же
	23	0.0119–	0.0474–	Пьюджет-Саунд,	Jarvis, Clough, Clark,
		0.0798	0.2047	Washington, USA	1926
	Печень	0.1394	0.6135	То же	Те же
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	Икра	0.1113	0.2521	"	Jarvis, Clough, Clark, 1926

Таблица 311 (продолжение)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Место сбора	Автор
		0.036	0.100	"	Jarvis, 1928
<i>Salmo</i> sp. (shasta)		–	0.0158	США	Тот же
<i>Salmo eriox</i>	Жирная	0.0570	–	Норвегия	Lunde, Closs, Haaland, Madsen, 1928
<i>Salmo eriox</i>		0.017	–	"	Lunde, Closs, Haaland, Madsen, 1928
	Жирная	0.067	–	"	Closs, 1931
		0.04	–	"	Тот же
	2	0.037	0.09	"	Lunde, Closs, Haaland, Madsen, 1928
		–	0.01	–	Bourcet, 1900
<i>Salmo fario</i>	Пресноводная	0.0036	–	Швейцария	Fellenberg, 1923
	"	0.0048	–	Германия	Bleyer, 1926
	"	0.0024	–	Новая Зеландия	Hercus, Roberts, 1927
	"	0.0050	–	То же	Те же
	Яичники	0.1030	–	Швейцария	Fellenberg, 1923
<i>Salmo gairdneri</i>		0.115	–	Норвегия	Lunde, Bøe, Closs, 1930
<i>Salmo salar</i>	Мышцы	0.038	–	США	Jarvis, 1928
	Печень	0.0022	–	Швейцария	Fellenberg, 1923
		0.0866	–		Тот же
	2	0.026	0.05	Берген, Норвегия	Lunde, Closs, Haaland, Madsen, 1928
	Жирная	0.037	–	То же	Те же
		–	0.14	–	Bourcet, 1900
		0.024	–	–	Closs, 1931
		0.053	0.171	–	Coulson, 1935b
		0.067	0.201	–	Тот же
		0.017–	–	–	Lunde, Bøe, Closs, 1930
		0.035	–		1930
	Кожа	0.085	–	Норвегия	Те же
<i>Salvelinus namaycush</i>	Пресноводная	0.001	0.009	О-в Эри, США	Tressler, Wells, 1924
Osmeridae					
<i>Osmerus mordax</i>		0.001	0.007	То же	Те же
<i>Thaleichthys pacificus</i>		–	0.1205	США	Jarvis, 1928
Galaxiidae					
<i>Galaxias attenuatus</i>		–	0.0096	Новая Зеландия	Hercus, Roberts, 1927

Таблица 311 (продолжение)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Место сбора	Автор
Catastomidae					
<i>Carpiodes difformis</i>		0.003	0.013	Р. Миссисипи, США	Tressler, Wells, 1924
<i>Ictiobus bubalis</i>		0.002	0.008	То же	Те же
<i>Ictiobus cyprinella</i>		0.002	0.008	"	"
<i>Minytrema melanops</i>		(0.2)	(0.4)	"	"
Cyprinidae					
<i>Abramis brama</i>		–	0.12	–	Bourcet, 1900
<i>Aburnus lucidus</i>		–	0.06	–	Тот же
<i>Chondrostoma nasus</i>		–	0.06	–	"
<i>Cyprinus carpio</i>		–	0.06	–	"
		0.001	0.004	США	Tressler, Wells, 1924
<i>Gohio fluviatilis</i>		–	0.012		Bourcet, 1900
<i>Leuciscus rutilus</i>		–	0.12	–	Тот же
		–	0.007	–	"
Ameiuridae					
<i>Ameiurus melas</i>		0.001	0.004	Р. Миссисипи, США	Tressler, Wells, 1924
<i>Ictalurus punctatus</i>		0.001	0.004	США	Те же
Esocidae					
<i>Esox lucius</i>		–	0.03	–	Bourcet, 1900
<i>Lucius reticulatus</i>		0.007	0.03	Р. Потомак, США	Tressler, Wells, 1924
Pimelodidae					
<i>Luciopimelodus pati</i>	Пресноводная	–	0.003	–	Mazzocco, 1930
<i>Pimelodus albidus</i>		–	0.004	–	Тот же
Anguillidae					
<i>Anguilla vulgaris</i>		–	0.08	–	Bourcet, 1900
Gadidae					
<i>Brosmius brosme</i>	2	0.36	1.79	–	Lunde, Closs, Haaland, Madsen, 1928
		0.017	0.049	Вудс-Хол, Масс., США	Lunde, Bøe, Closs, 1930
<i>Gadus aeglefinus</i>	2	0.623	2.96	Норвегия	Lunde, Closs, Haaland, Madsen, 1928

Таблица 311 (продолжение)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Место сбора	Автор
<i>Gadus aeglefinus</i>	3	–	2.9		Bouwman, Reith, 1933
		0.765	3.42		Lunde, 1928
		1.24–1.93	1.5–2.4	Норвегия	Lunde, 1927b
		2.73	3.41		Closs, 1931
		0.345	–	–	Wille, 1929
		0.513	2.610	–	Coulson, 1935b
		0.032	0.068	–	Wells, 1925
		0.674	2.41	Вудс-Хол, Масс., США	Lunde, Bøe, Closs, 1930
<i>Gadus callarias</i>	1	0.0078	–	–	Bleyer, 1926
		0.029	0.105	–	Tressler, Wells, 1924
		0.276	–	Везермюнде	Wille, 1929
		0.079	0.282	Вудс-Хол, Масс., США	Lunde, Bøe, Closs, 1930
		0.024	0.10	США	Tressler, Wells, 1924
<i>Gadus macrocephalus</i>		0.276	–	Везермюнде	Wille, 1929
		–	0.1353	–	Jarvis, 1928
<i>Gadus morhua</i>	Без кожи Кожа С кожей Мышцы	1.01	–	Норвегия	Fellenberg, 1927
		2.05	–	"	Тот же
		1.21	–	"	"
		0.489	2.22	"	Lunde, 1928
<i>Gadus virens</i>	3	0.517	2.45	"	Lunde, Closs, Haaland, Madsen, 1928
		0.70–1.08	0.86–1.32	"	Те же
		0.066	0.141	–	Wells, 1925
		1.19	1.45	–	Closs, 1931
		0.16	–	–	Stanford, 1883c
		0.103	–	США	Nilson, Coulson, 1939
		0.103	0.535		Coulson, 1935b
		0.0001 (?)	–	–	Clark, Adams, 1929
		0.77	–	–	Fellenberg, 1927
		0.24–0.41	0.29–0.49	–	Lunde, 1927b
		0.40	0.483	–	Closs, 1931
0.258	–	Везермюнде	Wille, 1929		

Таблица 311 (продолжение)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Место сбора	Автор	
		2	0.265	1.34	Норвегия	Lunde, Closs, Haaland, Madsen, 1928
			0.311	–	"	Lunde, Böe, Closs, 1930
<i>Lota vulgaris</i>	Пресноводная	–	0.08	–		Bourcet, 1900
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>		–	–	–		Nilson, Coulson, 1939
<i>Merlangus carbonarius</i>	2	–	0.24	–		Bourcet, 1900
	Мышцы	–	0.09	–		Тот же
<i>Merlangus vulgaris</i>		–	0.03			
<i>Merluccius vulgaris</i>		0.4	–	Неаполитанский залив		Carteni, Aloj, 1934
<i>Molva molva</i>		0.31	1.5	Вудс-Хол, Масс., США		Lunde, Closs, Haaland, Madsen, 1928
<i>Molva vulgaris</i>		–	0.12	–		Bourcet, 1900
<i>Pollachius virens</i>		0.043		США		Lunde, Böe, Closs, 1930
		0.012	0.090			Tressler, Wells, 1924
Sphyraenidae						
<i>Sphyraena argentea</i>		–	0.1312	–		Jarvis, 1928
Mugilidae						
<i>Mugil cephalus</i>		0.485	2.049	–		Nilson, Coulson, 1939
			0.3	О-в Тасмания		Jowett, Davies, 1938
Atherinidae						
<i>Atherinopsis californiensis</i>		0.032	0.129	La Jolla, Калифорния, США		Lunde, Böe, Closs, 1930
Serranidae						
<i>Paralabrax clathratus</i>		0.004	0.119	То же		Те же
<i>Serranus</i> sp. (?)		–	0.0072	Новая Зеландия		Hercus, Roberts, 1927
Moronidae						
<i>Morone americanus</i>		0.042	0.142	–		Tressler, Wells, 1924
<i>Roccus lineatus</i>		0.045	0.2	США		Те же
Epinephelidae						
<i>Polyprion americanus</i>		0.5	–	Неаполитанский залив		Carteni, Aloj, 1934
Centrarchidae						
<i>Lepomis incisor</i>	Пресноводная	0.004	0.018	Миссисипи, США		Tressler, Wells, 1924

Таблица 311 (продолжение)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Место сбора	Автор
<i>Micropterus salmoides</i>		0.005	0.001	Р. Потомак, США	Те же
		0.019	0.004	Миссисипи, США	"
<i>Pomoxis annularis</i>		0.001	0.003	То же	"
Percidae					
<i>Perca flavescens</i>	Пресноводная	0.002	0.009	Р. Потомак, США	"
<i>Perca fluviatilis</i>		–	0.0029	Швейцария	Fellenberg, 1923
	Мышцы; пресноводная	0.0020	–		Тот же
<i>Perca fluviatilis</i>	Печень; пресноводная	0.06000	–	Швейцария	"
	Яичники; пресноводная	0.0124	–	"	"
Carangidae					
<i>Decapterus russelli</i>		0.0186	–	Китай	Adolph, Whang, 1932
<i>Seriola dorsalis</i>		–	0.1072	–	Jarvis, 1928
<i>Trachinotus carolinus</i>		0.008	0.025	США	Tressler, Wells, 1924
Arripidae					
<i>Arripis trutta</i>		0.3	–	Виктория	Jowett, Davies, 1938
Lutjanidae					
<i>Lutjanus blackfordi</i>		0.031	0.144	США	Nilson, Coulson, 1939
Sciaenidae					
<i>Aplodinotus grunniens</i>		(0.2)	(0.4)	Миссисипи, США	Tressler, Wells, 1924
<i>Leiostomus xanthurus</i>		0.059	0.14	США	Те же
<i>Sciaena schlegeli</i>		0.012	–	Китай	Adolph, Whang, 1932
Otolithidae					
<i>Cynoscion nebulosus</i>		0.002	0.008	США	Tressler, Wells, 1924
<i>Cynoscion nobilis</i>		–	0.1673	–	Jarvis, 1928
<i>Cynoscion regalis</i>		0.023	0.085	–	Tressler, Wells, 1924
<i>Cynoseion striatus</i>	Пресноводная	–	0.007	–	Mazzocco, 1930
Sparidae					
<i>Stenotomus chrysops</i>		0.03	0.095	США	Tressler, Wells, 1924

Таблица 311 (продолжение)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Место сбора	Автор
Embiotocidae					
<i>Damalichthys</i>		0.0177	0.0848		Jarvis, 1928
<i>argyrosomus</i>		0.0178	—	Сиэтл, Вашингтон, США	Lunde, Bøe, Closs, 1930
<i>Embiotoca jacksoni</i>		0.006	0.03	La Jolla, Калифорния, США	Те же
<i>Taeniotoca lateralis</i>		0.006	—	Сиэтл, Вашингтон, США	"
Labridae					
<i>Pimelometopon pulcher</i>		0.007	0.036	La Jolla, Калифорния, США	"
<i>Tautoga onitis</i>		0.027	0.117	США	Tressler, Wells, 1924
Trachinidae					
<i>Trachinus chinensis</i>		0.008	—	Китай	Adolph, Whang, 1932
Gempylidae					
<i>Thyrsites atun</i>		0.3	—	Тасмания	Jowett, Davies, 1938
Scombridae					
<i>Scomber japonicus</i>		0.01	(0.022)	La Jolla, Калифорния, США	Lunde, Bøe, Closs, 1930
		0.023	—	США	Jarvis, 1928
		—	0.106	"	Тот же
<i>Scomber scombrus</i>		—	0.03	—	Bourcet, 1900
		0.053	0.128	США	Coulson, 1935b
		0.013	—	Китай	Adolph, Whang, 1932
	2	0.038	—	Норвегия	Lunde, Closs, Haaland, Madsen, 1928
		0.058	—	"	Closs, 1931
	Мышцы	0.045	0.175	"	Lunde, Closs, Haaland, Madsen, 1928
		0.014	0.033	США	Tressler, Wells, 1924
		0.012	0.027	Вудс-Хол, Масс., США	Jarvis, 1928
		0.04	—	—	Wells, 1925
		0.053	—	—	Nilson, Coulson, 1939
<i>Scomberomorus maculatus</i>		0.04	0.141	США	Tressler, Wells, 1924
<i>Scomberomorus niphonius</i>		0.006	—	Китай	Adolph, Whang, 1932

Таблица 311 (окончание)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Место сбора	Автор
Pampidae					
<i>Stromateoides argenteus</i>		0.006	—	"	Те же
Scorpaenidae					
<i>Sebastes marinus</i>	2	0.037	—	Норвегия	Closs, 1931
		0.141	0.66	"	Тот же
	Кожа	0.080	—	"	"
		0.158	—	Везермюнде	Wille, 1929
<i>Sebastes caurinus</i>		0.004	—	Сиэтл, Вашингтон, США	Lunde, Bøe, Closs, 1930
<i>Sebastes melanops</i>		0.018	0.0755	США	Jarvis, 1928
Scorpaenidae					
		0.103	—	Сиэтл, Вашингтон, США	Lunde, Bøe, Closs, 1930
	Кожа	0.03	—	То же	Те же
		0.009	—	"	"
<i>Sebastes pinniger</i>	—	—	0.1259	США	Jarvis, 1928
<i>Sebastes ruberrimus</i>		0.016	—	Сиэтл, Вашингтон, США	Lunde, Bøe, Closs, 1930
Triglidae					
<i>Trigla cuculus</i>		—	0.12	—	Bourcet, 1900
Ophiodontidae					
<i>Ophiodon elongatus</i>		0.033	—	Сиэтл, Вашингтон, США	Lunde, Bøe, Closs, 1930
	Кожа	0.032	—	То же	—
		0.0138	0.0525	США	Jarvis, 1928
Anaploporomadae					
<i>Anaploporoma fimbria</i>		—	0.1255	Тихоокеанское побережье	Тот же
		0.035	—	Сиэтл, Вашингтон, США	Lunde, Bøe, Closs, 1930
	Кожа	0.019	—	То же	Те же
		0.0547	—	—	Jarvis, 1928
Thunnidae					
<i>Germo alalunga</i>		—	0.087	Тихоокеанское побережье	Тот же
<i>Thunnus macropterus</i>		—	0.1293	—	"
<i>Thunnus thunnus</i>		—	0.1470	—	"
Pleuronectidae					
<i>Parophrys vetulus</i>		0.01	—	Сиэтл, Вашингтон, США	Lunde, Bøe, Closs, 1930
<i>Pleuronectes platessa</i>	2	0.074	—	Норвегия	Те же
		0.072	0.361	"	Lunde, Closs, Haaland, Madsen, 1928

Таблица 311 (окончание)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Место сбора	Автор
		0.0175	–	Северное море	Isenbruch, 1927
		0.135	–	Везермионде	Wille, 1929
		0.029	0.148	США	Coulson, 1935b
		0.087	–	Норвегия	Lunde, Bøe, Closs, 1930
	Кожа	0.070	–	"	Те же
		0.135	–	Везермионде	Wille, 1929
<i>Pleuronectes</i> sp.		0.029	–	США	Nilson, Coulson, 1939
<i>Platichthus stellatus</i>		0.018	–	"	Lunde, Bøe, Closs, 1930
	Кожа	0.030	–	"	Те же
		0.023	0.0515	"	Jarvis, 1928
<i>Psettichthys melanostictus</i>		0.016	–	Сиэтл, Вашингтон, США	Lunde, Bøe, Closs, 1930
<i>Pseudopleuronectes americanus</i>		0.018	0.073	США	Tressler, Wells, 1924
<i>Pseudopleuronectes americanus</i>		0.053	0.189	Вудс-Хол, Масс., США	Lunde, Bøe, Closs, 1930
<i>Hippoglossoides elassodon</i>		–	0.1072	США (?)	Jarvis, 1928
<i>Hippoglossus hippoglossus</i>		0.076	–	Норвегия	Goss, 1931
		0.119	0.453	–	Lunde, Closs, Haaland, Madsen, 1928
		0.025	0.083	–	Tressler, Wells, 1924
		0.009	–	Аляска	Lunde, Bøe, Closs, 1930
		0.03	–	США	Jarvis, 1928

Таблица 312
Содержание иода в мышцах, мягких частях рыб из разных мест
(Европа – Норвегия и США) (в % на живое вещество)

Вид	США	Норвегия
<i>Clupea harengus</i>	–	0.017
<i>Clupea pallasii</i>	0.021*	–
<i>Gadus aeglefinus</i>	–	0.623
<i>Gadus callarias</i>	0.079	0.517
<i>Gadus virens</i>	–	0.311
<i>Brosmius brosme</i>	0.017	0.360
<i>Pollachius virens</i>	0.043	–

Таблица 312 (окончание)

Вид	США	Норвегия
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	0.674	–
<i>Scomber scombrus</i>	0.012	0.045
<i>Pleuronectes platessa</i>	–	0.071
<i>Platichthys stellatus</i>	0.018	–
<i>Pseudopleuronectes americanus</i>	0.053	–
<i>Hippoglossus hippoglossus</i>	0.009	0.119

*По Jarvis (1928).

Из данных таблицы 311 видно, что подавляющее число определений содержания иода в рыбах относится к мышечной ткани, органам и, наконец, реже к целым рыбам. Наибольшее содержание иода имеется в тканях и органах рыб из семейства Gadidae, в частности у *Gadus morhua*. В среднем из многочисленных определений содержание иода в Gadidae достигает 1–2 мг в 100 г, т. е. $n \cdot 10^{-3}\%$ I на свежее вещество ткани. Как общее правило, рыбы других семейств заметно беднее иодом; для иллюстрации этого достаточно сравнить, например, содержание иода в Gadidae с содержанием его у рыб сем. Salmonidae, Clupeidae, Scombridae, Pleuronectidae и некоторых других семейств, для которых известно достаточно большое число определений иода. Для сравнения в таблице 311 приведены некоторые данные, относящиеся к пресноводным рыбам. Содержание иода в пресноводных рыбах, в их органах, тканях в десятки и сотни раз ниже, чем в морских; сравним, например, содержание иода в видах из сем. Cyprinidae, Percidae и др. Рыбы проходные и те, которые заходят для икрометания в пресные водоемы, также содержат иода в целом меньше, чем типично морские (см., например, Salmonidae).

Таким образом, различие в содержании иода у морских и пресноводных рыб имеет тот же характер, какой мы наблюдали по отношению всех беспозвоночных, а именно: морские виды богаты иодом, пресноводные бедны им. Lunde, Bøe, Closs (1930) обратили внимание, что одни и те же виды рыб (или, правильнее, близкие виды из разных мест) содержат иногда несколько различные количества иода. Ими было систематически изучено содержание иода в рыбах с Норвежского побережья и с Тихоокеанского побережья США. В результате оказалось, что рыбы Тихоокеанского побережья США *Gadus callarias*, *Brosmius brosme*, *Hippoglossus hippoglossus* и другие беднее иодом, нежели те же или близкие виды рыб с Норвежского побережья (табл. 312).

Та же картина наблюдается в целом при сравнении данных по иоду других авторов, исследовавших либо американские, либо европейские виды рыб. Причину различия содержания иода в рыбах тихоокеанского берега и европейских рыб видят в различном характере питания этих рыб. В частности, Lunde и его сотрудники (1928) считают, что рыбы норвежских берегов пользуются в качестве пищи встречающимся здесь в изобилии планктоном, как известно, богатым иодом, особенно диатомовым планктоном. Значение же состава пищи в смысле формирования химического состава организмов, несомненно, огромное. Нам кажется, что влияние состава пищи идет значительно глубже, чем только формирования или изменения состава тела организмов. Но к этому вопросу мы вернемся несколько

ниже. Lunde и его сотрудники (1928) попытались определить содержание иода в мышечной ткани и желудке одной и той же рыбы. Оказалось, что почти все без исключения рыбы содержат I больше в желудке, чем в мышечной ткани, особенно рыбы, которые вообще богаты иодом; бедные же иодом рыбы меньше содержали его и в желудке (табл. 313).

Таблица 313
Содержание иода в желудке и мясе рыб
(в мг на 100 г свежего вещества)

Вид	Желудок	Мясо	Авторы
<i>Clupea harengus</i>	0.048	0.017*	Lunde, Closs, 1931
<i>Salmo eriox</i>	0.126	0.0370	Те же
<i>Salmo salar</i>	0.061	0.0260	«
<i>Gadus aeglefinus</i>	0.859	0.622	«
<i>Gadus morhua</i>	0.819	0.517	Lunde, Closs, Haaland, Madsen, 1928
<i>Scomber scombrus</i>	0.021	0.032	Lunde, Closs, 1931

* Вместе с кожей.

Таким образом, связь высокого содержания иода у рыб с характером их питания совершенно ясна. Содержание иода в различных органах рыб довольно разнообразное. Можно сказать, на основании всех имеющихся данных, что постоянно богаты иодом селезенка, яичники и желчь рыбы. Очень большую концентрацию иода показывают, как мы только что видели, желудок рыб и печень. При этом заметим, что жирная печень нежирных рыб имеет исключительно высокое содержание иода, например, у *Gadus morhua* – до $n \cdot 10^{-3}\%$ I на свежее вещество. Наоборот, маложирная печень жирных рыб сравнительно беднее иодом. Это обстоятельство прямо подсказывает, где собственно происходит концентрация иода в печени рыб (см. табл. 310).

Определений иода в рыбьем жире, как уже мы говорили выше, произведено огромное количество³¹. С целью показать порядок содержания иода в рыбьем жире *Gadus morhua*, приводим современные данные в таблице 310. Как хорошо известно, у всех Vertebrata исключительным концентратом иода является щитовидная железа. У рыб, как морских, так и пресноводных, щитовидная железа содержит также наиболее высокие количества иода, достигающие в отдельных случаях 1.5% иода в сухом веществе железа. При этом подобные количества указывались в щитовидной железе рыб как из Teleostei, так и из Selachii. Burwash (1929) полагает, что различия в этом отношении между Teleostei и Selachii не существуют (табл. 314). Однако мы не считаем этот вопрос достаточно освещенным.

У *Gadus* оказалось в железе I меньше, чем у Selachii. Может быть, щитовидная железа Selachii вообще богаче иодом. Нет еще также данных о содержании иода в

³¹ Определение иода в рыбьем жире разных рыб см. у Gray, Hopter de l'Orme (1836); Hansmann (1837); Gmelin (1839); Wackenroder (1841); Dorvault (1850); Girardin, Preisser (1842); Riegel (1853); Nadler (1866); Barral (1877a, b); Heyerdahl (1895); Fendler, Stüber (1914); Marcelet (1925); Bills (1926); Lunde (1927a); Petnaik (1934); Groeger, Garrol, Bird (1881); Flückiger, Santen.

щитовидной железе проходных и других рыб в разные периоды их жизни в море и в пресноводных бассейнах. По-видимому, количество иода в щитовидной железе растет до известного времени с возрастом. Недостаток иода в воде пресных водоемов должен сказываться на развитии рыб и, очень возможно, вызывает «зоб» – увеличение щитовидной железы. С другой стороны, установлено, что у *Salmo fario*, которые жили в озерах, содержащих в воде иод, не наблюдалось увеличения щитовидной железы. Наконец, чтобы закончить рассмотрение распределения иода в органах и тканях рыб, остановимся еще на содержании иода в коже рыб. Существовало мнение, что кожа рыб обогащается иодом. Из таблицы 315 видно, что, как общее правило, содержание иода в мышечной ткани всегда в несколько раз выше, чем в коже той же рыбы.

Таблица 314
Содержание иода в щитовидной железе рыб (в %)

Вид	Живое вещество	Сухое вещество	Автор
<i>Scyllium caniculata</i> (♀)	–	1.160	Cameron, 1914
<i>Scyllium caniculata</i> (♂)	–	0.719	Тот же
<i>Carcharias</i> sp. <i>Scoliodon</i> sp. <i>Galeocерdo</i> sp.	} –	0.330 0.430	} Dey, Krishnan, Giriraj, 1945
<i>Squalus acanthias</i> (<i>Acanthias vulgaris</i>)	–	0.133	Cameron, 1914
<i>Squalus suckleyi</i> (♀)	–	0.195	Тот же
<i>Squalus suckleyi</i> (♂)	–	0.224	«
<i>Raja clavata</i>	–	0.404	«
<i>Raja erinacea</i> (♂)	–	0.025	Burwash, 1929
<i>Raja erinacea</i> (♀)	–	0.049	Тот же
<i>Raja laevis</i> (♂)	–	0.031	«
<i>Raja laevis</i> (♀)	–	0.048	«
<i>Salmo eriox</i>	0.1736	1.3895	Lunde, Madsen, 1928
<i>Salmo salar</i>	0.0104	0.0836	Closs, 1931
	0.0088	0.0708	Lunde, Madsen, Closs, 1928
<i>Saimo trutta</i>	0.0002	–	Fellenberg, 1923
<i>Gadus aeglefinus</i>	0.0028	0.0220	Closs, 1931
<i>Gadus morrhua</i>	0.0116	0.0924	Тот же
<i>Molva vulgaris</i>	0.0238	0.1905	«
<i>Perca</i> sp.	Не обнаружено	–	Fellenberg, 1923
<i>Scomber scombrus</i>	0.0322	0.3147	Lunde, Madsen, 1928
<i>Sehastes marinus</i>	0.0462	0.3700	Lunde, Madsen, Closs, 1928
<i>Pleuronectes platessa</i>	0.0078	0.0626	Closs, 1931

Таблица 315
Содержание иода в коже и в мясе рыб (в мг на 100 г свежего вещества)

Вид	Мясо	Кожа	Авторы
<i>Salmo eriox</i>	0.017–0.056	0.040	Lunde, Bøe, Closs, 1930
<i>Salmo salar</i>	0.017–0.035	0.085	Те же
<i>Oncorhynchus gorbusha</i>	0.039	0.016	«
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	0.014	0.018	«
<i>Gadus aeglefinus</i>	0.480	0.366	Lunde, Closs, Haaland, Madsen, 1928
	0.765	0.31	Lunde, Madsen, 1928
<i>Gadus morhua</i>	1.010	2.050	Fellenberg, 1927
	0.499	2.66	Lunde, Madsen, 1928
	0.565	0.550	Lunde, Closs, Haaland, Madsen, 1928
<i>Molva molva</i>	0.311	0.157	Те же
<i>Brosmius brosme</i>	0.360	0.151	«
<i>Sebastes marinus</i>	0.141	0.079	«
<i>Sebastes melanops</i>	0.103	0.031	Lunde, Bøe, Closs, 1930
<i>Pleuronectes platessa</i>	0.070	0.087	Lunde, Closs, Haaland, Madsen, 1928
<i>Platichthys stellatus</i>	0.018	0.030	Lunde, Bøe, Closs, 1930
<i>Hippoglossus hippoglossus</i>	0.119	0.068	Lunde, Closs, Haaland, Madsen, 1928

Кровь рыб содержит, по Closs (1931), например, 0.277 мг иода в 100 г крови *Gadus morrhua* и 0.370 мг в 100 г крови *G. aeglefinus*. Напомним, что у человека в крови всего 0.002 мг иода в 100 г. Высокий иодный уровень крови морских рыб указывает на интенсивный иодный обмен у них. Для икры рыб данных очень мало, но и они указывают на относительно высокое содержание иода (табл. 316). Отсутствуют данные о сезонных и других изменениях содержания иода в рыбах.

Таблица 316
Содержание I в разных органах рыб (в мг на 100 г свежего вещества)

Орган	<i>Gadus aeglefinus</i> *	<i>Gadus morhua</i> *	<i>Salmo salar</i> **	<i>Salmo eriox</i> **	<i>Scomber scombrus</i> **	<i>Clupea harengus</i> ***
Печень	0.222	0.360	0.054	0.054	0.063	0.046
Икра	0.395	0.307	0.037	0.205	0.074	0.016
Тестикулы	0.012	0.235	–	–	0.139	0.013
Желудок	0.859	0.819	0.061	0.126	0.121	0.048
Сердце	0.152	0.32	0.134	0.222	0.068	0.068
Селезенка	0.214	0.349	0.180	0.206	0.177	0.175
Желчь	0.565	0.565	–	–	–	–
Жабры	0.111	0.271	0.084	–	0.036	0.116
Мозг	0.075	0.163	–	–	–	0.027

*По средним данным Lunde, Madsen и Closs.

**Lunde и Madsen.

***Closs, 1931 (см. Lunde, 1928).

В каком состоянии находится иод в тканях рыб? Еще ранние исследования соединений иода в рыбьем жире Nadler (1866), Personne и многих других указывали на то, что иод в нем находится в виде органического комплекса. При экстракции рыбьего жира спиртом большая часть иода переходит в спиртовый раствор. При экстракции спиртом мышечной ткани рыб также главная масса иода мышц переходит в спирт. В таблице 317 приводим некоторые данные, полученные Lunde, Closs, Haaland, Madsen (1928).

Таблица 317
Характер соединения иода в тканях рыб
(в мг на 100 г свежего вещества)

Экстракт	<i>Gadus morhua</i>	<i>Hippoglossus hippoglossus</i>	<i>Sebastes marinus</i>	<i>Salmo salar</i>	<i>Salmo eriox</i>	<i>Scomber scombrus</i>
Спиртовая вытяжка	0.011	0.023	0.017	0.007	0.028	0.027
Хлороформ	–	0.031	–	0.011*	–	0.011
Горячий спирт	0.051	–	–	0.001	–	0.002
HCl	0.002	–	–	–	–	0.0006
Неизвлекаемая часть иода	0.014	0.023	0.019	0.004	0.011	0.017

* Эфирная вытяжка.

Довольно значительная часть иода, как видно из этих данных, не извлекается обычными органическими растворителями. Исследования Closs (1931) над выяснением соединений иода из кожи рыб дали примерно ту же картину; так, из кожи *Gadus morhua* перешло в спирт 0.189 мг иода; в эфир – 0.001 мг; в HCl – 0.02 мг и осталось неизвлеченным в коже 0.032 мг иода.

Все эти исследования дают право допускать, что иод в тканях рыб находится главным образом в виде неизвестного ближе органического комплекса³². В щитовидной железе рыб, как и у всех Vertebrata, иод находится в виде тироксина.

Непосредственно иодтироксин из щитовидной железы рыб не был получен и поэтому о полной идентичности его с иодтироксином других Vertebrata мы можем лишь догадываться.

24. Содержание As

Известны ранние указания о содержании As в рыбах, например, у Thiergardt (1897). Позднее Bertrand (1903), Gautier и затем многие другие дали ряд определений As в тканях рыб. Мы уже имели случай указать на высокое содержание мышьяка в морских рыбах, достигающее иногда $n \cdot 10^{-40}\%$ As в свежем веществе. Несколько лет назад вопрос о содержании As в рыбах приобрел вновь особую остроту в связи со случаями отравления человека после употребления в пищу рыбы³³. Brahme (1923) и др., в частности, показали, что у человека после употребления в пищу рыбы мышьяк

³² См. работы Closs (1931) и др. об I-органических соединениях, извлеченных из тканей рыб с жирами, белками.

³³ См. протоколы комиссии Французской академии в составе: Thenard, Dumas, Boussingault и др.

обнаруживался в коже, через которую он удалялся, волосах и т. д. Тогда же был произведен целый ряд химических исследований на содержание мышьяка в морских рыбах³⁴. Накопившийся в связи с этим материал по нахождению As в тканях рыб представляет большой научный интерес. Однако количество данных не так велико, чтобы можно было сделать какие-либо безусловные выводы о распределении мышьяка в различных видах рыб. Больше того, до сих пор не вполне ясно, отличаются ли, например, рыбы пресных вод по содержанию As от морских рыб и т. п. В таблице 318 приведен ряд данных для морских рыб и в целях сравнения для некоторых пресноводных рыб. Известны указания Сох (1925), Шарман (1926) об исключительно высоком содержании мышьяка в тканях некоторых рыб из Pleuronectidae (табл. 318). Но подтверждения этому факту у других авторов мы не находим. Во всяком случае объяснение, которое Сох по этому поводу дает, а именно – повышение содержания As у рыб (и, в частности, Pleuronectidae), питающихся моллюсками, неверно. Он одновременно считает, что рыбы, питающиеся Crustacea, бедны As. В действительности же Crustacea, как мы видели выше, богаче As, чем моллюски.

Икра морских рыб содержит мышьяк в тех же количествах, как и ткани рыб. Что касается пресноводных рыб, то, по-видимому, они содержат As не меньше, чем морские рыбы, см., например, определения Fellenberg (1929) для рыб из швейцарских озер, Шарман (1926) и др.³⁵

Таблица 318
Содержание As в рыбах (в мг на 100 г)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Место сбора	Авторы
<i>Lampetra</i> sp.		0.0547	0.275	Реки шт. Флорида, Джорджия, Алабама, Техас, США	Ellis, Westfall, Ellis, 1941
<i>Scyllium caniculata</i>		–	0.013	Атлантический океан	Bertrand, 1903
<i>Squalus acanthias</i>	0.6	–	–	–	I. Noddack, W. Noddack, 1939
<i>Acipenser güldenstädtii</i>		0.131	0.502	Каспийское море (устье р. Волги)	Штенберг, 1939
		0.139	0.596	Азовское море (р. Дон)	Тот же
<i>Acipenser stellatus</i>		0.11	0.527	Каспийское море (устье р. Волги)	"
	2	0.145	0.63	Азовское море (р. Дон)	"
<i>Huso huso</i>		0.141	0.619	Азовское море	"
<i>Lepidosteus osseus</i>		0.0367	0.118	Реки шт. Флорида, Джорджия, Алабама, Техас, США	Ellis, Westfall, Ellis, 1941
<i>Clupea harengus</i>	3	0.053	–	–	Bang, 1925
		0.08	–	–	Тот же
		0.04	–	Англия	Soh, 1925

³⁴ Работал ряд комиссий: шведская комиссия (Arsenikkommissionem Bilag), затем английская (The Royal Commission on Arsenic Poisoning, 1900–1903).

³⁵ См. Bagchi, Ganguly (1941) о рыбах Индии.

Таблица 318 (продолжение)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Место сбора	Авторы
		0.02	–	Швеция	Тот же
		0.02	–	–	Fellenberg, 1929
		0.3	–	–	Sadolin, 1928b
	2	0.148	0.39	Каспийское море	Штенберг, 1939
(Sprat, Jhn. dung.)		0.30	–	Индия	Bose, 1935
<i>Dorosoma</i> sp.		0.0645	0.3855	Реки шт. Флорида, Джорджия, Алабама, Техас, США	Ellis, Westfall, Ellis, 1941
<i>Coregonus</i> sp.	3	0.125	0.48	Финский залив	Штенберг, 1939
<i>Coregonus williamsoni</i>	Мышцы	0.27	1.84	–	Ellis, 1934
<i>cismontanus</i>	Внутренности	0.36	2.01	–	Тот же
<i>Oncorhynchus gorbuscha</i>	3	0.09	0.35	Камчатка	Штенберг, 1939
<i>Oncorhynchus keta</i>	2	0.15	0.60	Охотское море	Тот же
<i>Salmo</i> sp. (лосось)	2	0.246	0.642	Р. Кура	"
<i>Salmo lewisi</i>	Мышцы	0.24	1.74	–	Ellis, 1934
	Внутренности	0.53	1.06	–	Тот же
<i>Salmo trutta</i>	3	0.143	0.527	Финский залив	Штенберг, 1939
<i>Catostomidae</i> (чукучан пятнистый)		0.021	0.093	Реки шт. Флорида, Джорджия, Алабама, Техас, США	Ellis, Westfall, Ellis, 1941
<i>Catostomidae</i> (чукучан-капп)		0.027	0.1155	То же	Ellis, Westfall, Ellis, 1941
<i>Ictiobus bubalus</i>		0.0705	0.3037	"	Те же
<i>Abramis brama</i>	3	0.22	1.29	Псковское оз.	Штенберг, 1939
	3	0.238	1.14	Р. Дон (Азовский бассейн)	Тот же
<i>Abramis brama</i>	3	0.121	0.535	Дельта р. Волги (Астрахань)	Штенберг, 1939
		0.04	–	–	Chapman, 1924
<i>Cyprinus carpio</i>	2	0.249	0.735	Р. Дон (Азовский бассейн)	Штенберг, 1939
	3	0.128	0.60	Дельта р. Волги	Тот же
		0.051	0.235	Реки шт. Флорида, Джорджия, Алабама, Техас, США	Ellis, Westfall, Ellis, 1941
<i>Labeo rohita</i>		0.057	–	Р. Паро, Индия	Bose, 1935
<i>Notemigonus crysoleucas</i>		0.0975	0.4245	Реки шт. Флорида, Джорджия, Алабама, Техас, США	Ellis, Westfall, Ellis, 1941
<i>Rutilus rutilus</i>		0.04	–	–	Chapman, 1924
	3	0.106	0.47	Р. Дон (Азовский бассейн)	Штенберг, 1939

Таблица 318 (продолжение)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Место сбора	Авторы
<i>Semotilus atromaculatus</i>		0.0577	0.27	Реки шт. Флорида, Джорджия, Алабама, Техас, США	Ellis, Westfall, Ellis, 1941
<i>Tinca tinca</i>		0.04	–	–	Chapman, 1924
<i>Vimba vimba</i>		0.085	0.341	Р. Дон (Азовский бассейн)	Штенберг, 1939
<i>Vimba vimba nario carinata</i>	2	0.126	0.514	То же	Тот же
<i>Silurus glanis</i>	3	0.385	2.50	"	"
	2	0.355	1.34	Дельта р. Волги	"
<i>Ameiurus melas</i>		0.0225	0.106	Реки шт. Флорида, Джорджия, Алабама, Техас, США	Ellis, Westfall, Ellis, 1941
<i>Esox</i> sp.	3	0.03	–	–	Bang, 1919
		0.075	–	–	Chapman, 1924
<i>Esox lucius</i>	3	0.128	0.765	Ладожское оз. (Новая Ладога)	Штенберг, 1939
	2	0.122	0.60	Каспийское море	Тот же
	3	0.120	0.64	Р. Дон	"
<i>Esox niger</i>		0.0255	0.1125	Реки шт. Флорида, Джорджия, Алабама, Техас, США	Ellis, Westfall, Ellis, 1941
<i>Anguilla anguilla</i>		0.16	–	–	White, 1933
		0.012	–	–	Sadolin, 1928b
<i>Gadus aeglefinus</i>		0.045	–	Англия	Cox, 1925
		0.015	–	Швеция	Тот же
		0.34	–	–	White, 1933
		0.287	1.56	Баренцево море	Штенберг, 1939
<i>Gadus callarias</i>	3	0.38	1.8	То же	Тот же
<i>Gadus macrocephalus</i>		1.18	–	–	Yamamura, 1935a
		0.65	–	–	Тот же
<i>Gadus morhua</i>		0.04	–	Англия	Cox, 1925
		0.03	–	Швеция	Тот же
		0.33	–	–	White, 1933
	3	0.10	–	–	Bang, 1925
		0.13	–	–	Bang, 1919
		1.3	–	–	Sadolin, 1928a
	2; печень	2.0	–	–	Тот же
<i>Gadus morhua</i>	2; мышцы	0.6	–	–	Sadolin, 1928a
	Мука	–	1.55	–	Fellenberg, 1929
	Жир	–	0.07	–	Тот же
<i>Gadus navaga</i>		0.24	1.18	Р. Индига	Штенберг, 1939
<i>Urophycis</i> sp. (налим американский)		0.02	–	–	Cox, 1925

Таблица 318 (продолжение)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Место сбора	Авторы
<i>Gambusia patruelis</i>		0.0412	0.194	Реки шт. Флорида, Джорджия, Алабама, Техас, США	Ellis, Westfall, Ellis, 1941
<i>Zeus</i> sp.		>0.01	–	–	Cox, 1925
<i>Serranus atricauda</i>			0.005	Атлантический океан	Bertrand, 1903
	Мышцы		0.006	То же	Тот же
	Чешуя		0.005	"	"
<i>Lepibema ehrysoys</i>		0.048	0.194	Реки шт. Флорида, Джорджия, Алабама, Техас, США	Ellis, Westfall, Ellis, 1941
<i>Helioperca incisor</i>		0.0517	0.201	То же	Те же
<i>Micropterus salmoides</i>		0.0622	0.309	"	"
<i>Lucioperca lucioperca</i>	3	0.180	0.92	Новая Ладога	Штенберг, 1939
	3	0.188	1.19	Р. Дон (Азовский бассейн)	Тот же
	3	0.102	0.52	Дельта р. Волги (Астрахань)	"
	2	0.124	0.555	Р. Кура	"
	2	0.154	0.62	Каспий (Бакинский архипелаг)	"
<i>Perca</i> sp.		0.06	–	–	Cox, 1925
		0.057	–	–	Chapman, 1926
(хек индийский, лядвенец рога-тый)		0.71	–	Р. Паро, Индия	Bose, 1935
<i>Menticirrhus saxcitolis</i>		0.03		Англия	Cox, 1925
<i>Anarichas minor</i>	2	0.27	1.43	Баренцево море	Штенберг, 1939
<i>Scomber scombrus</i>		0.04	–	Англия	Cox, 1925
		<0.01	–	Швеция	Тот же
		0.004	–	–	Cautier, Clausmann, 1904
		1.45	–	–	White, 1933
		0.0025	–	–	Gautier, 1904
<i>Sebastes marinus</i>	3	0.27	1.30	Баренцево море	Штенберг, 1939
<i>Trigla pini</i>		–	0.015	Атлантический океан	Bertrand, 1903
	Мышцы	–	0.0045	"	Тот же
<i>Thunnus alalunga</i>		–	0.015	"	"
<i>Solea</i> sp.		0.02	–	–	Cox, 1925
<i>Pleuronectes</i> sp.		0.75	–	–	Chapman, 1926
<i>Pleuronectes platessa</i>	3	0.17	–	Англия	Cox, 1925
	2	0.05	–	Швеция	Тот же
	2	0.125	–	Японское море	Штенберг, 1939

Таблица 318 (окончание)

Вид	Комментарий	Живое вещество	Сухое вещество	Место сбора	Авторы
<i>Drepanopsetta platessoides</i>	3	0.25	1.23	Баренцево море	Тот же
<i>Bothina</i> sp. (камбала)		0.04	–	–	Сох, 1925
<i>Hippoglossus hippoglossus</i>		0.02	–	–	Тот же
	2	0.12	–	–	Bang, 1925
		0.02	–	–	Сох, 1925
Chilka fish		0.28	–	Индия	Bose, 1935
Hilsha fish		0.52	–	"	Тот же

Ellis (1934) нашел, что *Salmo lewisi* и *Coregonus williamsoni* из р. Йеллоустон в мышечной ткани содержали больше мышьяка, чем те же рыбы из другой реки – Гардинер. Личинки *Perla* sp. из р. Йеллоустон, которыми питались названные выше рыбы, также содержали заметные количества мышьяка. Bose (1935) в индийских пресноводных рыбах нашел As примерно столько же, сколько и в местных морских рыбах. То же см. у Штенберга (1939) для рыб Союза, у Ellis, Westfall, Ellis (1941) – для рыб США. Наибольшие количества As концентрируются у рыб в жировой фракции печени и других органов. Так, например, в 245 г обезжиренной мышцы *Anguilla* нельзя было обнаружить мышьяка, между тем в жировой фракции печени этой же рыбы оказалось $6 \cdot 10^{-5}\%$ As; в обезжиренных мышцах *Clupea harengus* было найдено $2 \cdot 10^{-4}\%$, а в жире из нее – $9 \cdot 10^{-4}\%$ As и т. п. Иными словами, содержание As должно быть тем больше, чем больше жира в тканях рыбы.

Рыбий жир – имеется в виду тресковый (из печени) – содержит 0.3–0.45 мг As в 100 см³, а иногда и больше [см. работы Bang (1925), Bills (1926), Sadolin (1928b), Holmes, Remington (1934) и др.].

Как показали Ellis, Westfall, Ellis (1941), в жире пресноводных рыб As больше, чем у морских (например, у трески). Можно предполагать, что As у пресноводных рыб извлекается эфиром лучше, чем, например, у трески. As в тканях рыб находится, по-видимому, в виде какого-то As органического соединения.

По отдельным органам распределение As видно из таблицы 318, а также из следующих анализов *Micropterus salmoides* Ellis и его сотрудииков (1941):

	% фракции	As мг на 100 г
Вся рыба, свежая	100	0.0495
Вся рыба, свежая сухая	100	0.174
Остаток от эфирной экстракции	76.08	0.160
Жир	23.91	0.234
Рыба без внутренностей, свежая	71.88	0.037
Рыба без внутренностей, сухая	71.86	0.136
Остаток от эфирной экстракции	58.96	0.130
Жир	11.92	0.172
Внутренности свежей рыбы	29.11	0.196
Внутренности сухой рыбы	29.11	0.532
Остаток от экстракции	17.11	0.836

Таблица (окончание)

	% фракции	As мг на 100 г
Жир	11.99	0.371
Внутренности свежей рыбы без печени	21.13	0.16
Внутренности сухой рыбы без печени	21.13	0.45
Остаток от экстракции	12.55	0.77
Жир	8.58	0.33
Печень свежей рыбы	7.97	0.45
Печень сухой рыбы	7.97	1.50
Остаток от экстракции эфиром	4.56	1.09
Жир	3.40	3.04

Имеются общие указания о повышении содержания As в хрящевой ткани, но это еще не проверено³⁶.

25. Химический состав крови рыб

Кровь *Elasmobranchii* по отношению к внешней среде имеет большее осмотическое давление, иными словами, плазма крови *Elasmobranchii* является гипертоническим раствором. Кровь *Teleostei* имеет осмотическое давление ниже раствора моря, т. е. является гипотоническим раствором. Эти отношения для морских и пресноводных рыб и *Cyclostomata* мы приводим ниже.

В основу таблицы 319 положены были многочисленные данные по определению точки депрессии плазмы крови рыб Frédéricq (1884), Carrey (1905), Smith (1929a, b), Delauney (1931), Boucher-Firly (1935), Fontaine (1935), Grafflin (1935), Paix.

Таблица 319
Осмотическое давление раствора крови рыб и *Cyclostomata*

	-Δ°C		-Δ°C
<i>Cyclostomata</i> (<i>Myxine</i>)	2.00	<i>Teleostei</i> (морские)	0.70
<i>Elasmobranchii</i> (морские)	2.29	<i>Teleostei</i> (пресноводные)	0.50
<i>Elasmobranchii</i> (пресноводные)	1.00		

В плазме крови рыб находятся соли, органические вещества (так называемые азотистые экстрактивные вещества), белки.

Из солей у всех рыб преобладает NaCl, причем, как видно из таблицы 320, его содержание в крови морских и пресноводных рыб близко и много ниже, чем в морской воде [см. Rodier (1900), Duval (1925), Dertien (1937)]. При изучении адаптации пресноводных рыб к морской воде – с увеличением Cl в среде – в крови пресноводных рыб количество Cl тоже несколько увеличивается, но, по-видимому, эквивалентное количество фосфатов в крови при этом уменьшается, как показывают исследования Garrey (1905), Chaisson (1930), Boucher-Firly (1935), Metter над *Anguilla*, *Morone*, *Conger*.

³⁶ Был предложен ряд теорий, связывающих обмен As с лецитинами, нуклеиновыми кислотами, кератинами и т. д.

Солевой состав крови различных рыб, как Teleostei, так и Elasmobranchii, представлен в таблице 321. Принято солевой состав крови организмов сравнивать с составом воды моря. Абсолютное содержание Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} в крови рыб значительно меньше, чем в море. Но отношения между этими ионами сохранились теми же, что и в море. Совершенно иное нужно сказать о Mg^{2+} и SO_4^{2-} , содержание которых резко понижено в крови рыб и напоминает их содержание в пресной воде. Содержание К несколько повышено, а PO_4^{3-} во много раз больше, чем в море. Ca^{2+} в крови Elasmobranchii столько же, как и у Teleostei (см. Benjamin, Hess, Gross, 1933; Fontaine, 1935).

В общем, солевой состав как Teleostei, так и Elasmobranchii, морских и пресноводных, близок. PO_4^{3-} в крови рыб, как и других Vertebrata, составляет незначительную долю от всего Р, находящегося в крови (плазме). Ниже, чтобы дать представление о характере нахождения Р в крови, мы приводим данные Ogawa (1937).

Общее количество фосфора в крови Teleostei меньше, чем у птиц и рептилий, но выше, чем у Mammalia. У пресноводных рыб больше фосфора в крови, чем у морских (ср. *Cyprinus* и *Pagrosomus*). Elasmobranchii содержат меньше Р, чем Teleostei. Более низкое содержание у Elasmobranchii всего Р крови обусловлено пониженным содержанием кислоторастворимых соединений Р.

Poga (1935b) отчасти и другие авторы нашли, что общее содержание солей, органического вещества у ♂♂ и ♀♀ различается. У ♀♀ несколько больше органических веществ в крови и соответственно меньше солей (NaCl).

Солевой состав крови рыб (а затем и всех Vertebrata) напоминает состав крови современных Crustacea. Именно у обоих классов по отношению к морской воде резко редуцируется содержание Mg^{2+} и SO_4^{2-} . Имея в виду значительное абсолютное понижение NaCl в крови рыб (и Crustacea), можно считать, что идентичные изменения в крови обеих групп организмов вызваны одинаковыми причинами. Таковыми могла явиться адаптация их к существованию в солоноватых и пресных водах. Биохимические процессы, возникшие параллельно у обоих классов, привели к осморегуляции и иному составу солевого раствора крови, отвечающему условиям существования организмов в пресных водах, бедных, в частности, Mg^{2+} и SO_4^{2-} .

Таблица 320
Химический состав крови рыб (в г на 1 л крови)

Вид	Солевые составляющие	Органич. вещество	Na	К	Ca	Mg	Cl	SO_4^{2-}	Автор
Elasmobranchii									
<i>Scyllium caniculata</i> (♂)	4.1	57.79	—	—	0.17	—	15.64	—	Poga, 1936c
<i>Scyllium caniculata</i> (♀)	9.69	59.15	—	—	0.13	—	14.77	—	Тот же
<i>Carcharhinus melanops</i> (♀)	—	—	—	—	—	—	5.62	—	Smith, 1931
<i>Acanthias vulgaris</i>	—	—	3.919	0.273	0.161	0.146	9.82	—	Macallum, 1910
<i>Pristis microdon</i> (♂)	—	—	—	—	—	—	6.03	—	Smith, 1931
<i>Raja undulata</i> (♂)	5.17	78.0	—	—	0.162	—	—	—	Poga, 1936c
<i>Raja undulata</i> (♀)	10.8	55.0	—	—	0.142	—	—	—	Тот же

Таблица 320 (окончание)

Вид	Солевые составляющие	Органич. вещество	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄ ²⁻	Автор
<i>Hypolophus sephen</i> (♂)	–	–	–	–	–	–	5.18	–	Smith, 1931
Teleostei									
<i>Amia calva</i> (♀)	–	–	3.036	0.066	0.24	0.009	4.26	0.130	Smith, 1929a
<i>Amia calva</i> (♀)	–	–	3.059	0.089	0.184	0.009	4.22	0.296	Тот же
<i>Lepidosteus osseus</i>	–	–	3.22	0.105	0.244	0.0073	4.19	0.236	"
<i>Brevoortia tyrannus</i>	–	–	–	–	–	–	5.23	–	Hall, Gray, Lepkovsky, 1926
<i>Cyprinus carpio</i> (♂)	–	–	3.09	0.18	0.09	–	5.65	–	Pora, 1935b
<i>Cyprinus carpio</i> (♀)	–	–	2.75	0.20	0.137	–	5.15	–	Тот же
<i>Tinca vulgaris</i>	–	–	3.12	0.16	0.119	0.04	3.13	–	Püschel, 1928
<i>Gadus callarias</i>	–	–	4.16	0.39	0.16	0.06	6.22	–	Macallum, 1910
	–	–	4.14	0.18	0.128	0.08	5.63	–	Sudzuki, 1939
	–	–	4.14	0.19	0.20	0.92	5.60	–	Smith, 1929a
<i>Pollachius virens</i>	–	–	4.14	0.18	0.13	0.06	5.6	–	Macallum, 1910
<i>Labrus bergylta</i> (♂)	7.95	38.63	4.499	0.315	0.10	–	3.57	–	Pora, 1936b
<i>Labrus bergylta</i> (♀)	6.59	51.77	3.61	0.424	0.252	–	2.78	–	Тот же
<i>Spheroides maculatus</i>	–	–	–	0.124	0.332	1.08	5.75	0.096	Smith, 1929a
<i>Lophius piscatorius</i> (♀)	–	–	4.62	0.273	0.14	0.024	6.73	0.11	Smith, 1929b
<i>Lophius piscatorius</i> (♀)	–	–	4.27	0.273	0.15	0.364	7.419	0.355	Тот же
<i>Lophius piscatorius</i> (♂)	–	–	4.71	0.351	0.084	0.340	5.89	0.345	"
<i>Lophius piscatorius</i> (♂)	–	–	4.64	0.269	0.088	–	6.39	0.230	"

Таблица 321
Содержание различных форм фосфора в крови рыб
(по Ogawa, 1937) (P в мг на 100 г)

Вид	Сумма P	Нерастворимый в кислотах	Растворимый в кислотах	Кислотно-растворимый P			
				Неорганический	Эфиры пирофосфорной кислоты	Эфиры гексофосфорной кислоты	Остаточный
Elasmobranchii							
<i>Rhinobatus schlegeli</i>	33.59	26.04	7.55	1.00	2.75	0.40	3.40
<i>Discobatis sinensis</i>	30.24	21.65	8.59	1.87	2.49	0.18	4.05
<i>Dasyatis akajei</i>	40.61	30.29	10.19	2.35	2.13	0.71	4.99
<i>Pteroplatea japonica</i>	25.85	16.53	9.32	2.71	0.38	0.32	5.91
Teleostei							
<i>Cynias manazo</i>	64.78	44.88	19.20	2.75	7.49	2.63	7.03
<i>Urolophys fuscus</i>	30.24	19.94	10.30	2.14	3.68	0.80	3.68
<i>Cyprinus carpio</i>	98.16	62.37	35.58	4.67	17.85	8.63	4.44
<i>Pagrosomus major</i>	69.97	38.20	31.77	3.98	14.48	6.10	7.24

Выделение солей у рыб идет через почки, но также и из желудочно-кишечного тракта, и через жабры (см. Elasmobranchii). В моче Teleostei соотношения $Cl/SO_4^{2-}/Mg^{2+}$ близки к соотношениям их в морской воде и даже несколько выше абсолютное содержание Mg^{2+} и SO_4^{2-} . В моче Elasmobranchii, у которых в крови Mg^{2+} и SO_4^{2-} следы, содержание Mg^{2+} и SO_4^{2-} значительно меньше и отношения $Cl/SO_4^{2-}/Mg^{2+}$ иные. Содержание белка и других органических веществ в крови рыб характеризуется содержанием различных соединений азота.

У Teleostei главная масса азота крови (serum) – азот белка и лишь небольшие количества N-экстрактивных веществ. У Elasmobranchii основную массу азота представляет небелковый азот.

Небелковый азот крови Elasmobranchii является главным образом азотом мочевины. Впервые Städeler и Frerichs в 1858 г. обнаружили большие количества мочевины в крови Elasmobranchii. У Teleostei и *Petromyzon* (Cyclostomata) в крови мочевина находилась в следах. Ее много нашли затем у Muxinidae (Cyclostomata). В настоящее время благодаря работам Denis (1912), Kisch (1930), Needham (1931), Smith (1936), Коштоянца, Коржуева (1936) и многих других установлено, что высокое содержание мочевины в крови и во всех органах, о чем мы говорили выше, у Elasmobranchii (как морских, так и пресноводных) является для них типичным.

Данными для таблицы 322 послужили работы Boglioni (1907), Smith (1929a, 1931), Borei (1935).

Таблица 322
Содержание мочевины в крови рыб и Cyclostomata (в %)

Вид	(NH ₂) ₂ CO ₃	Вид	(NH ₂) ₂ CO ₃
Elasmobranchii (морские)	2.0*	Dipnoi и все ганоидные	0.02
Elasmobranchii (пресноводные)	0.5*	Teleostei (морские)	0.03
Cyclostomata (<i>Myxine</i>)	0.35	Teleostei (пресноводные)	0.03
Cyclostomata (<i>Petromyzon</i>)	0.02		

* Приблизительно.

Высокое содержание мочевины в крови рыб – физиологическая уремия – вызывает то высокое осмотическое давление раствора крови Elasmobranchii, которое их отличает от Teleostei. О содержании воды в крови разных рыб см. у Kuroda (1935); Kaitiro, Ebina (1936); Kuroda, Ebina (1936).

26. Химический состав костей и других скелетных образований рыб

По-видимому, первыми установили действительный состав костей (фосфорнокислые соли Ca) Gahn в 1769 г. (см. Scheffer, 1779) и Scheele (1771), получивший из костей фосфор.

Наиболее ранние качественные указания на содержание в костях рыб сложного фосфата кальция имеются в работах Hatchett (1799), Morichini (1803, 1805), Fourcroy (1804), Berzelius (1807), John (1814), Mathias, Vauquelin, Klaproth, Gay-Lussac, Humboldt.

В основном состав костей рыб не отличается от состава костей других позвоночных.

Chevreul в 1820 г. дал наиболее полный по тому времени анализ хрящей, костей рыб, панцирей раков. Одновременно или несколько позже (в половине XIX в.) появились далеко неполные анализы костей рыб Merat-Guillot (1797), Mênil (1820), Fernandès de Barros (1822), Marchand (1842), Frémy (1855), Sebastian, Reas, Lassaigue, Heintz, Dumenil, а в 1844 г. появилась книга E. von Bibra “*Chemische Untersuchungen über die Knochen und Zähne*”, содержащая для нескольких десятков видов рыб анализы костей. Данные эти уже устарели, но автор не нашел резких различий в минеральном составе костей не только рыб, но и всех других позвоночных. Уже более совершенные анализы костей рыб принадлежат Brummerstädt (1855), Wicke (1863), Weiske (1883), Weigelt (1891), Carnot (1893), Morner (1898) и др.³⁷ Однако они немногочисленны и в настоящее время не могут ответить на все те вопросы, которые сейчас возникают в связи с систематическим положением рыб, их происхождением. Современных точных анализов костей рыб очень ограниченное число. Некоторые из анализов костей мы приводим в таблице 323³⁸.

Минеральный скелет, как известно, имеется лишь у Teleostei. Elasmobranchii имеют хрящевой скелет, и лишь редко наблюдалось (как исключение) появление в нем твердых минеральных образований. При этом указывалось, что эти образования состоят из CaCO₃. Однако, по данным Roche, Bullinger (1939), например, в зоне

³⁷ См. анализ муки из костей рыб у Lunde, Scharrer и Schropp's (1931).

³⁸ См. также Weigelt (1891), Вещезеров (1933), Usui, Abderhalden, Nakai, Knauthе.

окастения челюстной кости *Carcharias glaucus* (Selachii) содержится столько же P, сколько в костях Teleostei. То же в зубах этой рыбы.

Cyclostomata, можно заметить, кстати, не имеют минерального скелета и среди них не наблюдали окастения. Не только кости, но и другие производные соединительной ткани, играющие роль защитных (покровных) тканей, как, например, чешуя рыб, разнообразные шипы Teleostei, содержат минеральную часть, аналогичную составу кости, хотя известны указания о содержании CaCO₃, например, Носе для *Cyclopterus*. Наружный скелет Selachii, как нашли еще Кгукенберг (1877), Biedermann (1928), не содержит минеральных включений.

У современных глубоководных рыб нередко происходит неполное окастение их скелета, как впервые указал Roule (1937). По-видимому, основная причина этого явления – высокая растворимость кальциевых солей (CaCO₃) вследствие высокого парциального давления CO₂ на глубинах.

Таблица 323
Состав костей и чешуи рыб (в % минерального остатка)

Вид	Зола в сухом веществе	Ca ₃ (PO ₄) ₂	Mg ₃ (PO ₄) ₂	CaCO ₃	CaF ₂	Автор
<i>Squalus acanthias</i>	–	80.00	2.09	7.34	3.06*	Morgulis, 1931
<i>Alosa alosa</i>	–	93.93	2.48	3.02	0.30	Cranot, 1893
<i>Alosa alosa</i> **	–	98.38	1.79	Нет	0.29	Тот же
<i>Sardinia melanostictus</i>	44.91	92.64	1.23	6.10	–	Shimada, Kaneda, 1936
<i>Sardinia melanosticta</i> **	43.43	7.88	0.69	21.37	–	Те же
<i>Cyprinus carpio</i>	42.13	75.13	1.07	23.79	–	«
<i>Cyprinus carpio</i> **	16.23	56.74	1.68	41.57	–	«
<i>Cyprinus carpio</i> **	29.58	51.42	6.45	42.17	–	Weiske, 1883
<i>Esox</i> sp.	40.44	53.25	5.01	41.73	–	Тот же
<i>Cololabis saira</i> **	58.23	1.93	0.74	17.34	–	Shimada, Kaneda, 1936
<i>Theragra chalcogramma</i>	64.16	73.93	2.02	23.99	–	Те же
<i>Lateolabrax japonicus</i>	53.45	77.42	0.93	21.62	–	«
<i>Cynoscion regalis</i>	–	82.20	1.96	7.04	1.03*	Morgulis, 1931
<i>Taius tumifrons</i>	65.18	77.96	1.28	20.76	–	Shimada, Kaneda, 1936
<i>Scomher scombrus</i>	–	83.85	2.74	6.35	1.90*	Morgulis, 1931
<i>Lophius piscatorius</i>	–	82.50	1.99	7.27	2.08*	Тот же

* Был найден избыток Са 1.03; 1.90; 2.08; 3.06% соответственно.

** Чешуя.

Несколько слов о составе скелета так называемых панцирных рыб – Ostracoderma девонского и силурийского морей. Kiaer (1924), Stensiö (1927) и другие показали, что Ostracoderma имели наружный и внутренний скелет, содержащий минеральную часть. Им удалось установить в ней наличие гаверсовых каналов и другой тонкой структуры настоящей кости. Не могло быть никакого сомнения в том, что эта кость состояла также из сложного фосфата кальция. Нами были исследованы панцири девонских рыб – скелет головы *Botriolepis* с хорошо сохранившейся структурой и текстурой. Анализ дал: P_2O_5 – 24.3%; CaO – 74.77% и F – 0.97%, т. е. состав кости современных рыб. Высокое содержание F, как мы увидим дальше, в ископаемых сложных фосфатах кальция и костях животных объясняется замещением OH- или CO_2 -группы в молекуле апатита F (из растворов) в течение процесса фоссилизации.

Кости рыб, как видно из таблицы 323, содержат от 35 до 58% органического белкового вещества и до 65% минерального остатка³⁹. Зубы рыб содержат несколько меньше органического вещества. Особенно мало органического вещества в эмали зубов и эмали шипов Selachii. Наоборот, чешуя Teleostei содержит наибольшие количества органического вещества и значительно меньше минерального остатка.

Morgulis (1931), систематически исследовавший минеральный состав костей рыб и других позвоночных, обратил внимание на то, что существует будто бы различие в составе костей рыб по сравнению со всеми другими позвоночными. Он считает, что весовое отношение $Ca_3(PO_4)_2/CaCO_3$ в костях рыб равно 6/1, т. е. содержание $CaCO_3$ в костях в 2 раза ниже у рыб по сравнению с другими Vertebrata. Этот вывод требует проверки.

В новых анализах костей рыб Shimada, Kaneda (1936) мы находим, что отношение $Ca_3(PO_4)_2/CaCO_3$ у разных рыб колеблется в пределах, напоминающих отношение $Ca_3(PO_4)_2/CaCO_3$ в костях животных.

У рыб с так называемыми твердыми костями – *Talus*, *Theragra*, *Lateolabrax* – больше минерального остатка, чем у рыб с мягким костным скелетом – *Cyprinus carpio* (см. табл. 323), причем чешуя *Cyprinus carpio* показывает относительно более высокое содержание Ca (или $CaCO_3$) по сравнению с P (или $Ca_3(PO_4)_2$). Из-за недостатка данных мы не можем определенно указать на характер изменений состава минеральной части костей рыб с возрастом и т. п. Haga (1930, 1931) указывал, что кости ♂♂ рыб и других животных несколько богаче P и N. Имеющиеся в большом количестве очень точные данные по составу костей других позвоночных, в том числе костных щитков *Dasyurus*, указывают, что весовые отношения $Ca_3(PO_4)_2/CaCO_3$ в них близки к таковым же рыб, а отношение молекул равно 3/1 или 2/1, что очень близко отвечает составу апатита $3Ca_3(PO_4)_2Ca(OH, \frac{1}{2}CO_3, Cl, F)$. В настоящее время можно считать вероятным, что в боковой группе апатитовой молекулы имеется не $CaCO_3$, а $Ca(OH)_2$. При обычном анализе костей образующийся CO_2 замещает $(OH)_2$. Рентгеноскопическим путем, получая дебаграммы, было показано, что кость имеет действительно апатитовое строение и ближе всего к минералу даллиту $2Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaCO_3$. Кости рыб имеют тоже апатитовое строение. Помимо Ca, P, во всех костях находятся Mg, F и другие химические элементы в небольших количествах⁴⁰. Mg находится, вероятно, в виде $Mg_3(PO_4)_2$. Количество его увеличивается в эмали шипов, зубов, в бивнях слона и т. п., что указывает как будто бы на увеличение содержания Mg параллельно с увеличением крепости и твердой кости. Распределение F в костях рыб недостаточно изучено. F в костях рыб был указан Vibra (1844), Brummerstädt (1855) и др., однако их количественные определения являются

³⁹ См. в связи с этим Roche, Bullinger (1939).

⁴⁰ См. Lux (1939) о редкоземельных элементах.

неверными. F входит в молекулу CaCO_3 , образуя фторапатит $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$, который в виде изоморфной подмеси находится в костях рыб и других животных. В морских рыбах, как мы видели ранее, содержание F значительно выше, чем в костях пресноводных рыб и других животных. F содержится в тех же количествах и в чешуе, шипах, зубах рыб, что послужило, в частности, одним из доказательств гомологичности их происхождения с костями.

Содержание в костях щелочей, сульфатов, хлоридов варьирует и в значительной степени обуславливается их содержанием в хряще, оссеине кости, в крови.

Впервые фосфаты в костных тканях появляются у панцирных рыб в девоне, а затем в виде апатита распространяются в скелетах у примитивных амфибий (с карбона) и только в триасе появляются Teleostei. Нам представляется, что наличие апатитного (фосфатного) вещества в скелете позвоночных обеспечило возможность у позвоночных усиления их фосфорного обмена и тем самым мощное развитие нервно-мышечного аппарата – нервной ткани, больше, чем какой-либо другой ткани, связанной с фосфорным обменом. Достаточно напомнить, что наибольшие количества P (после костей) находятся в нервной ткани.

Отолиты рыб содержат минеральную часть. Leydig (1857), Valentin (1875) отмечают, что у рыб отолиты имели кристаллическое строение. Очень многие авторы, отмечая слоистость строения отоликов разных рыб, указывали на содержание органического вещества и карбоната кальция. Reibisch (1899), Jenkins (1902), Maier (1906) в отолитах *Gadus*, *Pleuronectes*, *Clupea* и других наблюдали, что CaCO_3 находится в аморфном состоянии. Напротив, Krieger (1840), Koken (1884, 1888), Kelly (1900), Bütschli (1908), Schmidt (1924) и другие в отолитах *Gadus* и *Selachii* находили CaCO_3 в кристаллическом состоянии (табл. 324).

Таблица 324
Химический состав отоликов *Gadus morhua* (в %)

CaCO_3	MgCO_3	P_2O_5	CaSO_4	Органическое вещество + H_2O	Автор
90.03	0.22	0.54	0.29	8.92	Wicke, 1863
94.7	5.7	–	–	–	Ross (упоминается Murray, Renard, 1891)
92.41	–	2.85	–	–	Kelly, 1900
76.39 + 11.44 CaO	–	–	–	11.49	Klüver (см. Lunde, 1929)
96.0	–	–	–	4.0	Canestrini, Parmigiani, 1883
–	0.22	–	–	–	Bütschli, 1908

Таблица 325
**Химический состав отоликов *Gadus morhua* и «домика»
Protopterus annectes (доп. ред.)**

Химический состав отоликов <i>Gadus morhua</i>		Химический состав «домика» <i>Protopterus annectes</i>	
SiO_2	0	SiO_2	35.838
CaO	54.24	CaO	36.127
CO_2	35.59	CO_2	2.157

Таблица 325 (окончание)

Химический состав отоолитов <i>Gadus morhua</i>		Химический состав «домика» <i>Protopterus annectes</i>	
Na ₂ O	0.44	Na ₂ O	1.415
K ₂ O	0.09	K ₂ O	0.836
P ₂ O ₅	0.11	P ₂ O ₅	4.107
SO ₃	0.019	SO ₃	3.614
FeO	0.0026	Fe ₂ O ₃	9.286
MnO	0.007	Al ₂ O ₃	5.491
MgO	0.07	—	—
Cl	0.003		99.411
H ₂ O + органическое вещество	11.49		
	—		
	100.06		

Анализы Wicke (1863), Kelly (1900), Klüver (см. Lunde, 1929) и других показали, что в основном в минеральной части отоолитов рыб содержатся CaCO₃ и следы Mg, P, щелочей и др.

Приводим наиболее полный анализ Klüver (у Lunde) для отоолитов *Gadus morrhua* (см. табл. 324, 325). По минералогическому составу CaCO₃ отоолитов, по анализам Kelly (1900), Bütschli (1908), Schmidt (1924), Lunde (1929), является арагонитом⁴¹.

Protopterus annectes, на зиму зарываясь в ил, образует своеобразный чехол – дом. Он образуется путем выделения секрета (белкового?) кожных желез. Содержит много CaCO₃ и цементированного им ила.

Обращает внимание высокое относительно содержание фосфатов. В беззольном веществе этого чехла содержится 13.23% N.

Многочисленные исследования хрящевой ткани рыб Petersen, Soxhlet (1873); Кuo-Нao-Lin (1926a) показали, что их минеральный остаток на 25% обычно состоит из NaCl и других растворимых солей, что, по мнению Bunge (1899b) и др., является отражением солевого состава морской воды, с которой связано было развитие рыб. Например, в хряще *Scymnus borealis* находилось: K₂O – 11.79; Na₂O – 50.48; CaO – 1.86; MgO – 0.94; Cl – 37.01; P₂O₅ – 6.239; Fe₂O₃ – 0.015 в % на золу.

27. Газы в рыбах

Мы имеем в виду прежде всего состав газов так называемого плавательного пузыря рыб. Известно еще указание Аристотеля о нахождении в пузыре рыб газа (воздуха). До открытия кислорода (1771) и азота (1772) в воздухе делались попытки многими учеными выяснить природу газа и значение плавательного пузыря у рыб, например: Borelli (1685), Pristley (1772), Fischer (1795) и др. В самом начале XIX в. ряд знаменитых физиков и химиков, таких как Fourcroy (1789), Geoffroy (1802), Humboldt (1806), Vauquelin (см. Erman, 1808), de Saussure, путем непосредственного опыта обнаруживали нахождение кислорода в плавательном пузыре рыб. Наиболее систематически эти исследования были произведены несколько позже Biot (1807a, b)

⁴¹ У Vertebrata отоолиты главным образом состоят из CaCO₃, однако известны исключения (например, Ca₃(PO₄)₂ · CaCO₃ у *Amblystoma*).

и почти одновременно Configliachi (1809), учеником Volta. Первый нашел у 19 рыб (о-ва Ивиса и Форментера, Средиземное море) от 9 до 87% O₂ в их плавательном пузыре. Второй нашел для рыб из залива Специя (Павия) до 40% кислорода. Одновременно отдельные определения были указаны в это же примерно время de Marty (A. Marty, Franqués; см. Biot, 1807b), Erman (1808), Delaroche (1809), Bohr (1892) и др.

Еще Biot (1807a, b), Configliachi (1809) и другим было ясно, что содержание кислорода в плавательном пузыре рыб иногда выше, чем в воздухе, и что у более глубоко живущих рыб было и больше кислорода в газе пузыря.

Помимо кислорода, было показано содержание в небольших количествах CO₂, а весь остальной газ – азот.

Правильное предположение о роли плавательного пузыря – значении газов, наполняющих пузырь, впервые, по-видимому, высказал Mogeau (1876). Он попытался путем опыта на рыбах выяснить функцию плавательного пузыря. Он указал, что количество газа в пузыре рыб увеличивается параллельно увеличению давления. Иными словами, определенному уровню глубины, на котором находится рыба, отвечает определенное количество газа. С опусканием количество увеличивается, с подъемом – уменьшается. Изменение содержания газа производится активно тканями рыбы. Вскоре была развита так называемая секреторная теория образования газа Traube-Mengarini (1888) и др., о которой мы еще скажем несколько слов (табл. 326).

Благодаря данным Richard (1895), Schloesing, Richard (1896) стало несомненно, что с глубиной погружения рыбы в плавательном пузыре ее увеличивается содержание O₂.

Вид	Глубина, м	N ₂	O ₂	CO ₂
<i>Simenchelys parasitica</i>	1674	21.4	78.6	Следы
<i>Conger vulgaris</i>	175	11.9	87.7	0.4
<i>Synaphobranchus pinnatus</i>	900	21.8	75.1	3.1
<i>Serranus cabrilla</i>	60	19.3	80.7	Следы

Если эти данные сравнить с таблицей 326, вывод становится совершенно ясным. Большинство рыб, указанных в таблице 326, живут на небольших глубинах (например, *Perca fluviatilis*); наоборот, *Lota vulgaris*, *Serranus cabrilla* и некоторые другие – глубоководные и содержат в пузыре также больше кислорода. У многих ганоидных и низших костистых рыб плавательный пузырь сообщается ductus pneumaticus с желудочно-кишечным трактом, и эти рыбы могут непосредственным путем наполнять пузырь, заглатывая воздух.

Очень многие авторы, а в последние годы особенно Jacobs (1934), показали, что если плавательный пузырь у рыбы освободить тем или иным путем (выдавливанием газа, прокалыванием пузыря) от содержащегося в нем газа, то в течение нескольких минут пузырь вновь наполнится газом, а количество кислорода в нем будет больше, чем до этой операции (см. табл. 326). Количество O₂ в плавательном пузыре уменьшается, если рыба живет в воде с малым содержанием O₂. Наконец, нужно сказать, что газы, которые удаляются из пузыря рыб через кишечник, имеют иной состав, чем состав воздуха:

<i>Misgurnus (Cobitis) fossilis</i>				
N ₂	87.02–88.23	Baumert, 1853	86.04	Constachesco
O ₂	11.18–10.61	Тот же	9.74	«
CO ₂	1.18–1.16	«	2.22	«

Таблица 326
Состав газов плавательного пузыря рыб (в %)

Вид	Комментарий	O ₂	CO ₂	N ₂	После прокалывания или выдавливания пузыря		Автор
					O ₂	CO ₂	
<i>Huso huso</i>		–	–	–	20.1	1.5	Jacobs, 1934
<i>Coregonus acronius</i>	Глубоководная	4.9	0.7	94.4	–	–	Hüfner, 1892
<i>Salmo fario</i>		–	–	–	18.7	0.8	Jacobs, 1934
<i>Salmo irideus</i>		3.7	0.8	–	–	–	Тот же
<i>Cyprinus carpio</i>		5.8	3.6	6	6.7	3.2	Hall, 1924
<i>Leuciscus dobula</i>		12.2	–	–	23.9	–	Hüfner, 1892
<i>Phoxinus laevis</i>		8.7	2.0	–	42.6	5.3	Jacobs, 1934
<i>Tinca vulgaris</i>		4.1	5.8	90.1	–	–	Тот же
		1.9	2.6	–	22.9	13.0	"
		9	60	–	–	–	Moreau, 1877
<i>Esox lucius</i>		25.6	1.8	–	–	–	Popta, 1910
		35.0	6.7	58.3	–	–	Jacobs, 1934
<i>Anguilla vulgaris</i>		32.4	–	–	63.0	–	Popta, 1910
<i>Muraena conger</i>		30.0	–	–	87	–	Moreau, 1876
<i>Conger vulgaris</i>	Глубоководная	87.7	0.4	11.9	–	–	Richard, 1895
<i>Synphobranchus pinnatus</i>		75.1	3.1	21.8	–	–	Schloesing, Richard, 1896
<i>Gadus callarias</i>		15.0	–	–	8.4	–	Bohr, 1892
<i>Gadus morhua</i>		19.0	0.5	80.5	48.0	2.8	Jacobs, 1934
<i>Lota vulgaris</i>	Глубоководная	64.8	–	–	–	–	Hüfner, 1892
<i>Mugil cephalus</i>		16.1	–	–	30.0	–	Moreau, 1876
<i>Serranus cabrilla</i>	60 м	80.7	19.3	Следы	–	–	Richard, 1895
	Поверхностная	18.0	0.9	–	–	–	Ledebur, 1937
	Глубоководная	72.0	3.5	–	–	–	Тот же
		38.6	0.7	–	72.6	0.6	"
<i>Perca flavescens</i>		19.9	0.6	79.5	–	–	Half, 1924
		25.0	–	–	65.0	–	Moreau, 1876
		12.4	1.4	–	22.0	10.6	Jacobs, 1934
<i>Lopholatilus chamaeleonticeps</i>	Глубоководная	69.0	–	–	–	–	Tower, 1902
<i>Cynoscion regalis</i>	24	12.6	2.2	–	–	–	Тот же
<i>Pagellus erythrinus</i>		53.4	3.9	–	86.4	3.1	Ledebur, 1937
<i>Sargus rondeletii</i>		26.0	0.5	–	54.4	2.6	Jacobs, 1934
<i>Smaris alcedo</i>		51.0	0.5	–	83.0	1.5	Ledebur, 1937
<i>Box salpa</i>		13.3	1.1	–	33.8	4.3	Jacobs, 1934
<i>Cantharus lineatus</i>		37.1	0.5	–	82.1	3.3	Ledebur, 1937
<i>Crenilabrus pavo</i>		23.4	1.7	–	45.2	1.8	Jacobs, 1934
		31.2	1.0	–	84.5	3.2	Ledebur, 1937

Таблица 326 (окончание)

Вид	Комментарий	O ₂	CO ₂	N ₂	После прокалывания или выдавливания пузыря		Автор
					O ₂	CO ₂	
<i>Labrus festivus</i>		19.6	0.7	–	43.7	1.5	Jacobs, 1934
<i>Labrus maculatus</i>		22.4	–	–	45.0	–	Moreau, 1877
<i>Labrus turdus</i>		8.6	0.6	–	24.5	1.0	Jacobs, 1934
<i>Labrus variegatus</i>		19.0	–	–	85	–	Moreau, 1877
<i>Trigla cuculus</i>	Поверх- ностная	27.3	–	–	–	–	Delaroche, 1809
	Глубоко- водная	70	–	–	–	–	Тот же
		16	–	–	52	–	Moreau, 1877

Все это вместе показывает, что у многих рыб, у большинства Teleostei происходит активное выделение газа – кислорода – в плавательном пузыре из тканей тела. Местом выделения газа – кислорода – являются так называемые газовые железы, расположенные в стенке плавательного пузыря. Здесь артериально-венозная система кровеносных сосудов образует густую, тонкую сеть, приносящую газы с кровью. Leiner (1938) показал, что благодаря нахождению особого фермента – карбонангидразы⁴² здесь происходит реакция $H_2CO_3 \rightarrow CO_2 + H_2O$; CO₂ связывается с гемоглобином крови и освобождает O₂ оксигемоглобина; кислород крови диффундирует через стенки сосудов в пузырь. Не совсем ясен механизм поступления в плавательный пузырь азота. Количество Ag в нем, как показали Schloesing, Richard (1896), такое же, как и в воздухе, что будто бы указывает на отсутствие биохимических (секреторных) процессов, а скорее, на простое проникновение азота из воздуха.

⁴² Карбонангидраза из красных кровяных шариков, по Keilin, Mann, содержит 0.33% цинка.

Глава XXII РЕГУЛИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ СОЛЕВОЙ МАССЫ ОКЕАНА НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МОРСКИХ ОРГАНИЗМОВ

Основную массу солей современного океана, как мы сейчас хорошо знаем, образуют химические элементы, дающие в условиях биосферы либо легкорастворимые соединения (соли) – таковы катионы Na^+ , Mg^{2+} , K^+ , Ca^{2+} , Sr^{2+} и др., либо химические элементы газообразные, или их летучие соединения (O, H), Cl, S, Br, C, B, F. Названные 13 химических элементов занимают первые 13 мест в списке химических элементов, составляющих солевую массу океана:

1. O – 85.78	5. Mg – 0.13	10. C – $2.0 \cdot 10^{-3}$
2. H – 10.72	6. S – 0.09	11. Sr – $1.3 \cdot 10^{-3}$
3. Cl – 1.89	7. Ca – 0.04	12. B – $4.5 \cdot 10^{-4}$
4. Na – 1.06	8. K – 0.04	13. F – $1 \cdot 10^{-4}$
	9. Br – $6.6 \cdot 10^{-3}$	

Они вместе образуют простые ионы в отличие от многих других химических элементов, находящихся в океане еще в значительно меньших количествах, т. е. $<10^{-5}$ (но выше тех, которые следовало бы ожидать из произведения растворимости их солей), и образующих, по-видимому, более сложные соединения, ближе не изученные.

Главные конститутенты, образующие соединения в морской воде, далеки до пределов насыщения; таким образом, возможность повышения концентрации их не ограничена. Исключение составляет CaCO_3 , особенно в тропических водах, о чем мы еще скажем ниже. Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Sr^{2+} , Rb^+ и другие в морской воде концентрируются благодаря сносу их пресными водами с материка в результате выветривания, разрушения горных пород. В пресных водах и соленых озерах их концентрация значительно ниже. CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl, Br, F, B в основной своей массе привнесены в океан из вулканических газов, попадающих в океан либо непосредственно из атмосферы, либо путем смыва водой с материка. О происхождении этих составных частей солевой массы океана из вулканических газов говорит то, что, во-первых, газы из современных вулканов и различных поствулканических эманаций содержат в огромном количестве CO_2 , SO_3 , HCl, HF, H_3BO_3 , HBr; во-вторых, в процессе выветривания магматических пород и образования осадочных пород содержание в последних CO_2 , SO_3 , Cl, B не уменьшается (как это наблюдается для катионов K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и др.), а, наоборот, увеличивается за счет связывания их из атмосферы.

Можно сейчас считать, что солевая масса современного океана на 50% составлена из веществ, образовавшихся за счет разрушения магматических и других пород, и на 50% – за счет привноса из атмосферы вулканов. Как происходило нарастание солевой массы океана? Джоли (1899, 1900) исходил из мысли, что происходит постепенное обогащение океана солями, и пытался по количеству Na, сносимого в океан и находящегося в нем, определить возраст океана. На был им выбран правильно. На практически не удерживается при разрушении пород и весь смывается в море. Однако получился абсурдный ответ. Возраст океана оказался равным 100 миллионам лет, т. е. времени нижнемелового периода (?!). А огромные соленые купола и пласты соли, известные в палеозойских отложениях? Очевидно, это число

Джоли показывает лишь порядок времени, достаточный для полного обмена Na между сушей и морем. По нашим подсчетам, далеко не полным (не только из-за отсутствия данных неразведанных месторождений соли, но и правильного учета разведанных), в пластах земли в настоящее время находится не менее 10% NaCl по отношению всей массы NaCl океана. В процессе галогенеза отлагался не только NaCl, но и многие другие химические вещества – Mg, S, Ca, K, Br, B, C в виде разнообразных соединений извести, гипса, карналита, сильвина. Однако эти отложения являются фракционными и по существу не могут дать представления о полном составе океанической воды, времени их возникновения. Лишь в замкнутых пространствах, когда море высыхает нацело, имеется известная возможность судить о составе воды. В подобных случаях подсчеты древних солевых толщ дают состав, отвечающий составу современного океана¹.

Отсутствовал ли в докембрийском море Ca, как думали Daly (1910), Walcott (1914) и другие, или он был в избытке, как считали Hunt (1865), Lane (1906) и др.?

Нам представляется, что этот вопрос решается иным образом. Нахождение Ca в воде обусловлено равновесием CO_3^{2-} и HCO_3^- воды и CO_2 атмосферы. Всякое увеличение парциального давления CO_2 в воздухе (газах воды) приводит к повышению растворимости CaCO_3 , и обратно. Поэтому мы полагаем, что океаническая вода могла быть либо недосыщена, либо насыщена (пересыщена) CaCO_3 при данном содержании CO_2 в атмосфере. Имеются все основания считать, что в протерозое и архее CO_2 в воздухе было значительно больше, чем теперь².

Следовательно, вода океана хотя и содержала CaCO_3 (и может быть, даже больше, чем теперь), но не была насыщена CaCO_3 , что препятствовало образованию кальциевых скелетов беспозвоночных (см. ниже).

Конечно, большое содержание CO_2 в атмосфере являлось одновременно и сильным фактором выветривания горных пород.

Мощность осадочных пород докембрия во много раз превышает мощность осадков всех последующих периодов вместе взятых. Нужно считать, что основной процесс разрушения магматических пород проходил в докембрии, а в последующие периоды осадочные толщи докембрия повторно и, может быть, многократно разрушались, перемывались и отлагались вновь. Поэтому мы считаем, что уже в кембрии существовало установившееся, огромное по масштабам солевое равновесие между морем и сушей. С этого времени и до наших дней мы не можем ни в характере осадков, пород, ни в изменении химического состава организмов моря, ни в составе атмосферы найти следы каких-либо крупных, значительных изменений состава солевой массы океана.

Морские организмы встретились со значительно более резкими изменениями состава морской среды, возникавшими многократно в результате контакта морской воды с пресными водами, образовавшимися временными (в геологическом смысле) лагунами, эстуариями, солеными и солоноватыми озерами и другими водными бассейнами с разной концентрацией и составом солей, воздействия которых они, конечно, не могли избежать.

Морские организмы, концентрируя одни элементы, рассеивая другие, в процессе всей своей жизнедеятельности выполняют сложные и разнообразные геохимические функции. Их химический элементарный состав, как показывают нам тысячи анализов, не является простым отражением, повторением химического состава среды. Разнородный химический состав, являющийся физиологическим свойством,

¹ Например, для Цейхштейнового моря в Германии.

² См. А. Виноградов (1941).

признаком вида, созданся в результате длительного взаимодействия организмов со средой. Ближайшее рассмотрение показывает, что в особенностях химического состава организмов скрыты и хранятся признаки происхождения организма. Вообще говоря, то, что могло образоваться в условиях морской среды, не могло бы случиться в условиях пресноводных бассейнов и т. п.

У наиболее примитивных современных Invertebrata морская вода с 3% солей оказывает непосредственное влияние на осмотические свойства, химический состав тканевых жидкостей этих организмов, состав которых почти не отличается от состава морской воды. Однако уже у многих высших водорослей, благодаря образованию полупроницаемых перепонок в их тканях, соки тела значительно отличаются от состава морской воды. Напомним концентрацию ими калия и других химических элементов, находящихся в значительной части в ионной форме.

С появлением у Invertebrata кровеносной системы, замкнутой (высшие раки, Cephalopoda), осморегуляция крови совершается у них за счет не только неорганических солей, но и органических веществ (продуктов обмена), находящихся в крови и соках тела. Кровь этих организмов содержит несколько меньшие количества солей, чем морская вода, а у рыб Teleostei – кровь их гипотонична по отношению к солевому раствору моря, а минеральный зольный остаток их тканей – мышечной и др. меньше, чем содержание солей в морской воде, в той же массе. Более 85% солей моря, как мы знаем, составляет NaCl. Распределение Na и Cl неодинаково в разных тканях Invertebrata и рыб. Можно считать, что Na и K, Rb находятся в тканях организмов главным образом в виде ионов. Высокое содержание K в морской воде создает возможность еще более высокой его концентрации многими морскими водорослями. Cl, Br и I не только находятся в ионной форме, но образуют галоидо-органические соединения.

Необходимо подчеркнуть очень высокое содержание, сравнительно с пресной водой, в морской воде Br. Br, как известно, является, по крайней мере для Vertebrata, элементом, ослабляющим возбудимость центральной нервной системы, поэтому его нахождение в море до 10⁻²% вероятно небезразлично в этом смысле и для морских организмов (рыб). Он обычно в тех же количествах находится у всех морских Invertebrata. Содержание Br в тканях морских рыб и других Vertebrata значительно ниже. Неизвестно содержание Br в крови морских и пресноводных рыб, что, как увидим ниже, представляло бы огромный интерес. У Vertebrata Br в виде HBr обнаруживается в большом количестве вместе с HCl в желудочном соке. Br образует с органическими веществами в теле организмов Br органические соединения, аналогичные I-органическим и Cl-органическим, в виде галоид-тирозиновых и близких им комплексов, очевидно, тех, в которых галоиды изоморфно друг друга замещают. Эти комплексы параллельно возникают в ряде классов организмов Alcyonaria, Antipatharia, Cornacspongidae, частично, по-видимому, в Algae и, несомненно, в тканях других беспозвоночных. Названные организмы являются концентраторами не только Br, но и I (частично Cl). Подобные концентраторы среди наземных организмов неизвестны.

SO₄²⁻ занимает второе место в ряду анионов морской воды. Все морские организмы содержат S в огромных количествах. Параллельно с HCl в пищеварительных железах, как, например, у некоторых морских Mollusca (Doliidae), находится 4% H₂SO₄. В клетках крови – ванадоцитах – Ascidia содержится свободная 4–9% H₂SO₄. Морские водоросли накапливают S в виде различных соединений до 10%, чего не встречается среди пресноводных организмов. Сера входит в ткани и растворы не только в виде SO₄²⁻-сульфоновая и S²⁻, но встречается в большом разнообразии в виде эфиросерных кислот, таурина, хондроитин-серной кислоты в белках Invertebrata, спонгине, конхиолине, онуфине, так называемом «псевдохитине»,

муцине и других альбуминах. У наземных организмов содержание S значительно ниже, а наземная растительность нередко испытывает голод в сере. У морских организмов можно видеть все пути проникновения S – от SO_4^{2-} морской воды до S^{2-} сложных органических соединений. Рыбы, их ткани содержат S меньше, чем Invertebrata. Ткани морских организмов во много раз богаче B, Li, нежели ткани наземных и пресноводных организмов.

Как мы уже подробным образом показали ранее, солевой состав морской воды обуславливает и химический характер минеральной части скелетов морских Invertebrata. В образовании скелетных частей самых разнообразных морских организмов со времени протерозойского моря и до сих пор принимает участие довольно ограниченное число одних и те же химических соединений. Это те химические соединения, главным образом соли, растворимость которых в морской воде очень мала и, как правило, не превышает $10^{-3}\%$. Из катионов принимают участие Ca^{2+} (Mg^{2+}), Sr^{2+} , Ba^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , из анионов – CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , PO_4 , F. Это многие разновидности CaCO_3 (с примесью MgCO_3 в разных количествах), Ca-фосфаты, CaF_2 , SrSO_4 , BaSO_4 , SiO_2 и т. п.

Высокая концентрация в морской воде (по сравнению с пресной водой) F, Sr вызвала обогащение ими скелетных образований Invertebrata.

Фтор входит в состав фторапатита, который изоморфно подмешан к гидро- и карбонатапатиту костей рыб и других Vertebrata, как наземных, так и морских. Однако морские Vertebrata содержат F в костях, в частности рыб, в 10 раз больше, чем пресноводные рыбы и другие наземные Vertebrata. Птицы, питающиеся морской рыбой, в своих костях также имеют более высокое содержание F, чем птица с иными способами питания. Если в костях, чешуе рыб и т. п. содержание F у морских видов достигает лишь 0, п%, то в апатитовых раковинах *Lingula* и других ей близких видах содержание фтора достигает 1.5%, т. е. мы практически имеем в минеральном составе раковин этих Brachiopoda в изоморфной смеси до 50% фторапатита. Наконец, F образует CaF_2 – флюорит, который, по-видимому, встречается в скелетных образованиях беспозвоночных и который мы встречаем, во всяком случае, в спикулах *Archidoris*. У пресноводных беспозвоночных подобных образований нет.

Аналогичное явление с Sr и другими химическими элементами, концентрирующимися в морской воде.

Стронций в виде SrCO_3 изоморфно подмешан к арагониту известковых скелетов всех беспозвоночных моря в количестве около 1–2%. Радиусы ионов Sr и Ca в арагоните очень близки, благодаря этому Sr замещает частично Ca в решетке арагонита. Sr несколько меньше – до $n \cdot 10^{-1}\%$ в кальцитовых скелетах. В арагонитовых скелетах пресноводных Invertebrata (например, *Anodonta*, *Unio* и др.), вследствие низкого содержания Sr в пресной воде ($10^{-6}\%$ Sr), содержание его ниже даже, чем в кальцитовых скелетах морских организмов. В море известны, наконец, скелеты Acantharia, по-видимому, сплошь (или во всяком случае с очень высоким содержанием) из SrSO_4 , чего нет среди пресноводных организмов и не могло быть.

Mg в виде MgCO_3 , $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ или каких-либо других соединений самостоятельно не образует скелетов беспозвоночных благодаря легкой растворимости этих и других солей Mg, но широко входит в известковые скелеты многих беспозвоночных в виде MgCO_3 или фосфатов. MgCO_3 подмешан в известковых как арагонитовых, так и кальцитовых скелетах беспозвоночных. Но так как радиусы ионов Mg близки к Ca в кальците, то он концентрируется в кальцитовых скелетах, будучи изоморфно подмешан. Как мы уже видели, можно выделить три группы подобных кальцитовых скелетов: с малым содержанием MgCO_3 – Cirripedia, Mollusca; с лабильным содержанием – Foraminifera, Vryozoa и с постоянным высоким содержанием MgCO_3 –

все Echinodermata, Corallinacea, Alcyonaria. Мы уже видели, что в теплых морях у этих организмов содержание $MgCO_3$ особенно высоко, в два раза больше в среднем, нежели у видов этих классов, обитающих в холодных областях морей. Можно думать, что накопление $MgCO_3$ – явление вторичное и захват Mg в решетку кальцита тем энергичнее, чем интенсивнее обмен Ca у организмов с подобным скелетом. Так как виды названных классов имеют определенные ареалы обитания, то можно предположить, что с перемещением вида из одного ареала в другой (скажем, из теплой в холодную воду) с адаптацией к новым условиям в составе скелета происходит изменения и состав его характеризует уже новый вид.

Invertebrata с кальцитовыми скелетами и содержащие большие количества $MgCO_3$ – типично морские организмы и никогда не заходят в пресные воды, как например: Echinodermata, Alcyonaria, Calcareae, Corallinaceae и т. д. Даже в соленых озерах они не встречаются (например, в Каспии). Организмы с кальцитовым скелетом, но с малым содержанием $MgCO_3$, если и переходят в пресные воды (например, Foraminifera), то, как мы сейчас увидим, теряют известковые скелеты. Редкое исключение представляют пресноводные *Nerita* с раковиной, у которой один из слоев состоит из кальцита.

Как мы увидим далее, некоторые Invertebrata при адаптации к пресной воде прежде всего теряют из состава своей морской крови Mg^{2+} . Пресные воды исключительно бедны Mg и не могли бы явиться безразличной средой для этих организмов. Наличие Mg в кальцитовых скелетах в то же время как-то влияет на прочность скелетов.

Напомним, что состав периферических и центральных частей скелета Echinodermata, Crustacea различается по содержанию $MgCO_3$.

Исключительное значение имеет для распределения организмов и для состава их скелетов содержание в морской воде $CaCO_3$ – распределение областей насыщения (пересыщения) и недосыщения морской воды углекислым кальцием.

Тропические области океана вследствие высокой температуры и уменьшения парциального давления CO_2 в воде являются насыщенными (или пересыщенными) $CaCO_3$, которое здесь достигает 100% и более, особенно в верхних слоях воды. Наоборот, в холодных областях насыщение воды $CaCO_3$ не достигает и 90%. Совершенно так же на больших абиссальных глубинах с понижением температуры воды, увеличением давления и т. д., увеличивающими растворимость $CaCO_3$, воды также становятся недонасыщенными $CaCO_3$. Придонные слои воды на этих глубинах становятся агрессивными по отношению к $CaCO_3$ и растворяют его. В полном соответствии с характером насыщения $CaCO_3$ в воде моря происходит и происходило в прошлом распределение организмов, имеющих в скелете $CaCO_3$. Стоит лишь напомнить хорошо известные факты о том, что главные концентраторы $CaCO_3$ – кораллы – живут в узкой полосе моря – вдоль экватора, между 30° южной широты и 30° северной, на небольших глубинах, вне влияния пресных вод. Здесь именно совершается огромная геохимическая работа по концентрации и отложению $CaCO_3$ в виде рифового известняка. Не только кораллы, но и все Invertebrata, Algae, оказывающиеся здесь (в прошлом или настоящем) Corallinacea, Siphonales, Foraminifera, Bryozoa, Porifera, Serpulidae участвуют в создании рифов. Здесь все Invertebrata приобретают прочный, быстро растущий известковый скелет, так же как на суше в тех же тропиках травянистая растительность становится древесной. Планктон тропических и теплых областей моря содержит многочисленные Protozoa и другие организмы с известковым легким скелетом Foraminifera, Coccolithophoridae.

По мере перемещения из теплых вод в область холодных вод эти организмы становятся редкими или совершенно исчезают, как, например, Coccolithophoridae.

Огромную роль в планктоне холодных вод играет рачковый планктон (с хитиновым скелетом – *Soropoda* и др.), бесчисленные диатомовые с SiO_2 -скелетом, *Radiolaria* и другие организмы без CaCO_3 .

Эта закономерность в распределении CaCO_3 -организмов правильна, в общем, и в отношении всех других беспозвоночных. Совершенно аналогичный процесс происходит с организмами в областях встречи морских соленых вод с пресными – в эстуариях, устьях рек и т. д.

Прежде всего, многие (как мы видели, все с кальцитовыми скелетами) *Invertebrata* не заходят в опресненные моря, например, Балтийское море, где нет многих *Invertebrata*, или соленое озеро Каспий, где нет кораллов, *Echinodermata*, *Brachiopoda* с кальцитовым скелетом и др.

В устьях рек, как мы видим, не обитают *Ostocorallia* и другие кораллы.

Еще чаще, перемещаясь в пресные или солоноватые воды, *Invertebrata* с известковым скелетом либо частично теряют минеральную часть скелета, либо вовсе его теряют, сохраняя лишь органический скелет.

Особенно хорошо это известно для *Foraminifera*. Известно, что рост раковин, отдельных ее камер у *Foraminifera*, как наблюдали, например, у *Elphidium strictopunctatum* и других, находится в зависимости от концентрации CaCO_3 в среде. В этом отношении хорошо известно поведение видов из сем. *Miliolina* и др., о чем мы уже выше говорили, когда они либо сохраняют лишь органический скелет, либо замещают CaCO_3 скелета на SiO_2 («изоморфизм»), либо, наконец, становятся агглютинирующими формами в условиях солоноватых и пресных вод.

Очень многие *Foraminifera* пресных вод имеют лишь органический скелет, как и многие представители из *Hydrozoa* и другие из примитивных беспозвоночных. Известковые губки не живут в пресных водах. Больше того, опыт показывает, что они при понижении концентрации Ca в морской воде теряют известковый скелет и становятся мягкими.

Bryozoa, как мы видели, чувствительно относятся к Ca , образуя различные формы и вариететы. В солоноватых водах и пресных водоемах они теряют CaCO_3 и становятся хитиновыми, как, например, *Bryozoa* Балтийского моря и других опресненных морей. Все *Bryozoa* пресных вод, как это хорошо известно, например, для альпийских озер Швейцарии, Германии, – без CaCO_3 , хитиновые.

У наземных и пресноводных *Annelida* отсутствуют трубки, которые у морских частично инкрустированы CaCO_3 .

Те же явления наблюдаются и по отношению раков, например, *Gammaridae*, как морских, так и пресноводных, живущих лишь в условиях значительной концентрации CaCO_3 .

Особенно резко эти изменения состава скелетов происходят у *Mollusca*. Из наблюдений палеонтологов известны региональные изменения характера раковин в смысле их толщины, украшений, связанные со сменой характера вод, опреснения или концентрации соли, например, при испарении замкнутых морских бассейнов.

У морских *Mollusca* в солоноватых и опресненных водах теряется CaCO_3 и увеличивается относительное содержание конхиолина, как, например, наблюдали у раковин *Mytilus* в Балтийском море и прилежащих к нему лагунах и заливах.

У пресноводных моллюсков арагонитовый скелет, а не кальцитовый. Недостаточность CaCO_3 в водоемах у них сказывается еще сильнее, чем у морских форм, попавших в определенные области моря, бедные Ca . При этом появляются вариететы – *Anodonta* и *Unio* – *A. incrassata* с толстыми раковинами в водоемах с большим количеством CaCO_3 и *A. complanata* с низким содержанием CaCO_3 или просто с конхиолиновыми раковинами. В некоторых водоемах население страдает от недо-

статочности Са для скелетов – многочисленные *Limnaea*, *Viviparus*³ и рыбы, рост которых задерживается, появляются карликовые формы.

На суше эти явления также хорошо известны, например, появление *stiata var solidus* у *Helix* с почв с известью и *var tenuis* с почв песчаных и т. д. Известны Mollusca кальцитофилы и кальцитофобы, распределяющиеся по суше в соответствии с распределением известняков и богатых СаСО₃ почв.

На основании изучения подобных областей на суше с недостаточностью или избыточностью содержания того или иного элемента в почвах, породах, растениях и отсюда в животных, что вызывает своеобразную биологическую реакцию у растений и животного населения и даже эндемичные заболевания, мы называем эти области биогеохимическими провинциями.

Наконец, и по отношению организмов, обитающих на разных глубинах моря, сохраняется та же закономерность. Не только изменяется характер населения по мере опускания в абиссальные области (в смысле исчезновения форм с известковым скелетом – фораминифер, кораллов, губок известковых и других Invertebrata) и замещения их организмами с органическим скелетом (голотурии, губки) или скелетом из SiO₂-кремниевых Triaxonia, Radiolaria, но и происходит изменение состава скелета у видов с известковым скелетом. У тех же Foraminifera – глубоководных форм – скелет становится агглютинирующим. Глубоководные Xenophyophora имеют в скелете не СаСО₃, а нерастворимый BaSO₄. У Brachiopoda раковины истощаются и теряют известь (например, *Discina atlantica* и др.). У *Scalpellum* степень обызвествления раковин с глубиной уменьшается. У Mollusca с глубиной, как наблюдалось для *Vuccinum*, *Pecten* и др. в Японском море, раковины становятся менее обызвествленными и т. п. Наконец, у некоторых глубоководных рыб из Teleostei, таких как *Anopterus pharao*, *Syema atrum*, *Avocattinops schmidtii*, не происходит полного окостенения скелета. Мопсообразные головы этих рыб и мягкость костей – остеомалация – позволили Roule (1937) назвать это явление абиссальным рахитом, являющимся по существу тем же явлением, наблюдавшимся нередко среди наземных животных в связи с недостаточностью СаСО₃ в среде.

Химические элементы, находящиеся в количестве >10⁻⁴%, составляющие основу солевой массы океанической воды, концентрируются организмами, как мы видели, в 10–100 раз.

Совершенно исключительную концентрацию производят организмы тех химических элементов, которые находятся в количестве ниже 10⁻⁵% в морской воде. Способность к концентрации рассеянных химических элементов, создание металло- и металло-иодорганических соединений являются физиологическим свойством организмов и возникают в виде недифференцированного накопления во всех тканях низших Invertebrata и Flagellata того или иного химического элемента, а именно Zn у Coelenterata, галоидов у всех примитивных Invertebrata – Protozoa, Porifera, Coelenterata (и Algae) и т. д. Затем частично у Vermes и особенно у Mollusca, Brachiopoda, Arthropoda параллельно с дифференциацией органов, далее у рыб концентрация тяжелых элементов локализуется в определенных тканях и органах. Эта функция селективной концентрации у всех наземных животных сохраняется и продолжается у всех Vertebrata. Так, у эмбрионов Vertebrata в печени в качестве депо закладываются значительные количества Fe, Zn, Cu, Mn и других металлов, и они тратятся в период лактации у Mammalia до момента самостоятельного питания приплода. Для отдельных химических элементов для определенных их металло- и

³ Например, в водоемах Кольского полуострова благодаря исключительно малой минерализации их вод. Как мы наблюдали в 1941 г., содержание Са в них падало до 10⁻⁵%.

металло-иодорганических соединений возникает своеобразный физиологический обмен, имеющий свои специфические черты в общем обмене организма: Fe в гемоглобине, Cu в гемоцианине, V в пигментах асцидий, Mn в пигментах нефридиальных органов, Zn в нуклеопротеидном обмене и т. д.

Та же локализация происходит и у галоидов: – I в щитовидной железе, F в производных эктодермы и т. д.

Замечено далее, что, например, рыбы, Mollusca, Echinodermata норвежского берега богаче I, чем те же организмы Атлантического побережья США – это связано с огромным развитием планктона, водорослей, концентрирующих I и создающих местное обогащение этим элементом. Здесь мы встречаемся как бы со вторичным влиянием морской среды. Конечно, пищевые цепи – характер питания – еще более влияют на состав Invertebrata, но это регулирование состава уже не находится непосредственно в связи с солевой массой океана и создано самой жизнью. Следует заметить, что содержание тяжелых металлов в морской воде лимитирует развитие многих Invertebrata, например, Cu для Mollusca и т. д. Однако их количество в морской воде не превышает содержания в пресных водах, а может быть и уступает.

В прибрежных областях морей, у выхода рек, содержание тяжелых металлов в воде несколько более повышено (Fe, Cu, Mn), нежели в открытых частях океана.

Совершенно иные условия мы имеем в илах морей, в иловой воде, где накапливаются значительные количества I, Fe, Mn, V, Ni и других тяжелых металлов. Эти химические факторы не могли быть безразличны для существования многочисленной микроскопической жизни илов и зарывающихся в грунт морских беспозвоночных.

В результате мы можем сказать, что регулирующее влияние морской воды на химический состав Invertebrata осуществляется путем непосредственного проникновения солевой массы в ткани и соки организмов и участия в образовании скелетов. Газовый режим, прежде всего CO₂, оказывает еще более дифференцированное влияние на состав скелета и распределение организмов с различными скелетами в море. Законы изоморфизма имеют свое отражение на химическом составе соков, тканей металлоорганических соединений тканей и органов, составе минеральной части скелетов.

Различие состава придонных и грунтовых (иловых) вод, смешанных вод в областях контакта морской воды с пресной создает условия для своеобразных региональных (фациальных) явлений.

Наконец, известное различие в распределении микроэлементов в океанах и морях влияет на степень их концентрации организмами.

Глава XXIII ОСНОВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ХИМИЧЕСКОМ ЭЛЕМЕНТАРНОМ СОСТАВЕ МОРСКИХ ОРГАНИЗМОВ В ТЕЧЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕМЕНИ

В основе представления о химическом составе древних ископаемых организмов лежат: 1) данные по химическому составу остатков древних организмов (это главным образом скелетные ткани); 2) данные по химическому составу биогенных пород. В частности, нахождение в них определенных химических соединений или химических элементов, как, например, порфиринов, хлорофилла в углях, битумах, нефтях и т. п.; 3) данные по изучению процессов метаморфизации биогенных остатков. Эти процессы (например, метасоматоз) затрудняют, а иногда и вовсе лишают возможности заключить по химическому составу породы о действительном составе организмов, принимавших участие в образовании породы. Но, с другой стороны, как будто бы мы имеем сейчас основания ожидать, что даже в случае, например, так называемых немых биогенных пород нахождение в них в определенных количествах и соотношениях редких и рассеянных химических элементов может оказаться индикатором их происхождения; 4) данные по химическому составу современных реликтовых организмов, как правило, отличающихся своеобразием своего химического состава по сравнению с составом массы всех остальных организмов; 5) разнообразные косвенные минералогические, палеонтологические указания, возникающие в процессе всестороннего изучения ископаемого материала.

Все известные в этом отношении химические данные при сравнении с химическим составом современных организмов позволяют считать, что химический состав древних организмов в пределах определенных групп родов, классов в основных своих чертах отвечал составу современных организмов из тех же или близких к ним родов, классов. Можно показать, например, идентичность (в главном) химического состава кости девонских *Ostracodermi* и современных *Teleostei* или химического состава хитина вымерших *Merostomata* и хитина современных *Arthropoda* и т. д.

Но глубокие изменения химического состава – минерального скелета, покровных тканей, состава пищеварительных и других желез и т. п., как мы увидим ниже, сопровождаются не менее глубокими изменениями морфологического характера, что, как правило, всегда находит свое отражение в современной систематике растений и животных. Иными словами, наибольшие изменения в химическом составе организмов возникают при появлении новых родов организмов.

Прекрасно известно, что уже в кембрийских пластах находятся ископаемые остатки представителей почти всех типов организмов.

В докембрийской осадочной толще ныне открываются все новые и новые остатки наиболее древней флоры и фауны.

Относительно химического состава организмов протерозоя дают известное представление два факта: 1) в общем менее мощное развитие в докембрии известняков, чем в вышележащих пластах; 2) найденные остатки ископаемых животных докембрия указывают на отсутствие у них при жизни известковых скелетов.

В протерозойских биогенных известняках очень часто сохраняются лишь остатки ископаемых известковых водорослей (*Cyanophyceae*?). Даже в нижнекембрийских пластах еще доминируют остатки трилобитов, *Merostomata*, *Graptolithoidea* и другие, с тонким хитиновым скелетом, беззамковые *Brachiopoda* и т. д., и только

Algae и Archaeocyathidae¹ из известковых организмов имеют относительно большее распространение.

Отсутствие в докембрийское время животных организмов с известковым скелетом может быть объяснено тем, что в атмосфере того времени, а следовательно, и в воде океана содержалось значительно больше CO_2 , чем теперь². Вследствие высокого парциального давления CO_2 растворимость CaCO_3 в воде океана увеличилась, и океанические воды не были насыщены CaCO_3 . Это затрудняло, в свою очередь, образование известковых скелетов морских организмов. Наоборот, это не мешало и, может быть, благоприятствовало отложению CaCO_3 в тканях растительных организмов, подобно современным Corallinaceae или Siphonales, так как водоросли потребляли из воды не только CO_2 , но и CO_3^{2-} , HCO_3^- , редуцируя бикарбонат кальция в CaCO_3 .

Древнейшие протерозойские животные, как нам представляется, были не только без минерального скелета, но, вероятно, и планктонными организмами. В качестве доказательства последнего можно было бы напомнить, во-первых, что у беспозвоночных всех типов известны личинки, не имеющие минерального скелета; во-вторых, эти личинки, независимо от образа жизни взрослых стадий, обитают в планктоне; в-третьих, у организмов почти всех классов известны виды без минерального скелета – с органическим скелетом из белковых веществ, клетчатки, хитина и т. п.; в-четвертых, эти виды с органическим скелетом, как правило, в пределах данного класса – наиболее примитивные формы.

Нужно думать, что образование минеральных скелетов у древних планктонных организмов было связано с погружением на дно моря или прикреплением их к твердому субстрату, образованию сидячих неподвижных форм. И, как хорошо известно, обратный процесс перемещения организмов, например, при возвращении от бентосных условий существования к планктонной жизни, а именно некоторых Mollusca и других Invertebrata (*Loligo*), приводит к тому, что минеральный скелет редуцируется или затем и вовсе исчезает.

Рассматривая ближе химический элементарный состав современных морских организмов, можно различить как бы два разных мира: с одной стороны, все одноклеточные организмы – преимущественно водные Flagellata, Rhizopoda, Radiolaria, Sprotozoa, Infusoria, Diatomaceae, Cyanophyceae, Bacteria, Mухомycetes, представляющие как все вместе, так и внутри каждого класса исключительное разнообразие типов своего химического состава, отличающиеся легкой изменчивостью состава. С другой стороны, все многоклеточные организмы с различным и сложным, но хорошо дифференцированным у каждого класса типом химического состава, который в основном выдерживается в пределах класса в течение всего геологического времени его существования.

Химический состав одноклеточных в значительной степени обуславливается составом оболочек, панцирей и других скелетных элементов. В состав органических мембран одноклеточных входят разнообразные вещества, и лишь немногие из них имеют значение у Metazoa.

Наибольшим распространением в оболочках одноклеточных отличаются разнообразные полисахариды – пектиновые вещества. Пектиновые оболочки имеются у многих Flagellata, Bacteria, у большинства Cyanophyceae, у всех Diatomaceae.

¹ Archaeocyathidae близки к губкам, хотя некоторые авторы до сих пор считают их близкими к Algae.

² Одним из доказательств высокого содержания CO_2 в атмосфере докембрия является существование палеозойских известняков, углей, нефтей и тому подобных углеродосодержащих пород. Если бы мы возвратили CO_2 этих палеозойских пород в атмосферу, то ее содержание оказалось бы в десятки – сотни раз выше современной концентрации CO_2 в атмосфере.

Пектиновые вещества в значительных количествах сохраняются и в оболочках высших водорослей, особенно у наиболее примитивных их форм – Siphonales, Rhodophyceae, а также и Phaeophyceae. Пектиновые вещества в известных количествах находятся в определенных тканях у высших цветковых растений.

Одноклеточные (и колониальные) организмы с пектиновыми оболочками – всецело растительные организмы [часто содержат хлорофилл (!)] и, может быть, являются представителями наиболее древних форм.

Часто вместе с пектином в оболочках Flagellata, Cyanophyceae и других находится и целлюлоза. Нередко она появляется у данного вида лишь во взрослой стадии. Наконец, оболочки одноклеточных состоят всецело из целлюлозы, например, Peridinieae³.

Среди Rhodophyceae, Chlorophyceae и Phaeophyceae у наиболее сложно организованных форм целлюлоза занимает в оболочках значительное место. Исключительное положение целлюлоза приобретает у всех растений – от высших Algae до современных цветковых. Пектиновый, целлюлозный и пектиново-целлюлозный безазотистый тип опорной ткани встречается только у Flagellata, Bacteria и Algae⁴. Именно с этими организмами, нужно думать, главным образом связано образование всех древних додевонских (и, конечно, многих более поздних) горючих сланцев, сапропелитов, нефтей и тому подобных пород.

У высших и, по-видимому, именно у наземных растений впервые вместе с целлюлозой появляется новое вещество опорных тканей – лигнин.

Параллельно с безазотистым пектиновым, пектиново-целлюлозным, целлюлозным и, наконец, целлюлозно-лигнинным типом строения оболочек и органических опорных тканей среди растений – у одноклеточных известно нахождение оболочек белкового характера, как например: у некоторых Flagellata, у всех Rhizopoda, Radiolaria, Heliozoa, у некоторых Bacteria, Infusoria, большинства Sporozoa, некоторых Мухомycetes. Наконец, среди одноклеточных известны виды, не имеющие оболочек, либо имеющие лишь уплотнение наружного протоплазматического слоя. Одноклеточные, как мы знаем, часто содержат довольно много связанного азота. Одноклеточные с белковыми оболочками содержат N в количествах, близких к содержанию азота в тканях Metazoa. Простейшие белки, входящие в состав оболочек одноклеточных, представляют большое разнообразие, однако недостаточно изучены.

Огромное значение «белковый скелет» в виде разнообразных опорных, покровных, тканей приобретает у многоклеточных Invertebrata – Porifera, Coelenterata, Brachiopoda, Vermes, Mollusca, Echinodermata и, наконец, у всех без исключения Vertebrata.

Нахождение хитина и других аминокислот в опорных тканях современных одноклеточных не доказано, но, конечно, не может быть исключено.

Одновременно с разнообразием состава органических мембран одноклеточных мы встречаемся с меньшим разнообразием химического состава их минерального скелета. Среди них встречаются все ныне известные типы минеральных скелетов, может быть за исключением одного – фосфатного. Лишь небольшая часть из этих минеральных скелетов имеет распространение и среди Invertebrata (Metazoa). Ни один из типов минеральных скелетов одноклеточных не встречается у Vertebrata.

³ Eisenack (1939) не нашел целлюлозы в перидиниевых – *Lithodinia*, *Deflandrea*, *Wetzeliella* – ископаемых из силурийских, меловых и четвертичных фосфатов.

⁴ Исключение представляют, как мы уже знаем, Tunicata, имеющие тунику из целлюлозы. Химический состав этих организмов и их физиологический обмен резко их отличают от всех беспозвоночных.

Нужно сказать, что указанное разнообразие состава скелета у современных одноклеточных могло возникнуть в любое время их эволюции. Все это указывает на их огромную пластичность. В одноклеточных, как мы сейчас хорошо знаем, в виде скелетных элементов встречаются аморфный CaCO_3 , арагонит, кальцит с различным, но постоянным для данного типа организмов содержанием MgCO_3 и другие разновидности CaCO_3 ; целестин, сульфат бария, $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ – опал (а может быть, Са-силикат), гидроокиси и карбонаты Mn, Fe, Al в виде сложных цементов $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ и CaCO_3 и т. п.

Эти минеральные скелеты вместе с органическими оболочками одноклеточных создают самые разнообразные сочетания.

Безусловно, многие типы минеральных скелетов вовсе не встречаются среди Metazoa, как например: SrSO_4 , BaSO_4 , гидроокиси Mn, Fe и т. д. Часть других типов скелетов имеет место среди Invertebrata, только у наиболее примитивных Metazoa, например, скелет из $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ имеется у многих видов Porifera. Но выше их кремниевые скелеты не поднимаются. Это не значит, что как исключение подобный скелет не может встретиться у более высоко стоящих в эволюционной системе организмов. Например, подобного рода исключением представляются спикулы из $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ у Onchidiidae или импрегнация $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ хитиновых покровов у некоторых Insecta и т. п.

Среди растений «кремниевый скелет», если так можно сказать, максимальное выражение получил у Equisetales.

Очень возможно, что их древние родичи – пермские *Calamites* – также содержали в огромном количестве SiO_2 . Одновременно с ними существовали гигантские *Sigillaria* и *Lepidodendron*, современные потомки которых – Lycopodiales – содержат огромное количество Al_2O_3 . Эти наблюдения позволили высказать мысль о том, что эти Equisetales и Lycopodiales явились как бы пионерами на суше, разрушавшими первичные алюмосиликаты.

Далее SiO_2 находится в больших количествах в тканях ряда однодольных – Gramineae, Cyperaceae (табашир!). Наконец, в виде небольших включений в отдельных специальных тканях и органах многочисленных Podostemonaceae, Chrysobalanaceae, Pandanaceae.

Наиболее широко распространенным типом минерального скелета у одноклеточных, а также и среди Invertebrata (Metazoa), конечно, являются известковые и известково-магнезиальные скелеты.

Invertebrata, имея сейчас в виду многоклеточные организмы, если исключить Tunicata (с туникой из целлюлозы), имеют в опорных и покровных тканях либо хитин⁵, либо белковое вещество.

Хитиновый тип принадлежит к наиболее древним. В глубоком протерозое находят остатки высоко организованных Merostomata, так называемые Eurypterida с хитиновым панцирем. В палеозое жили и ныне вымерли Graptolithoidea с хитиновым скелетом. До сих пор сохранились с хитиновым скелетом Bryozoa. Наконец, хитиновый скелет имеют как вымершие, так и современные Arthropoda, Trilobita, Crustacea, Insecta, Arachnoidea, Pautapoda, Tardigrada, Muriopoda и другие представители Arthropoda – этого наиболее обширного по количеству видов животных типа.

Хитиновый скелет импрегнируется у них либо аморфными фосфатами кальция и CaCO_3 , либо одним CaCO_3 . По-видимому, Trilobita и Merostomata (как и совре-

⁵ В качестве исключения хитин находится у высших грибов (у других – клетчатка). Хитин свойствен животным организмам (без хлорофилла!). Интересно поэтому заметить, что у грибов обмен веществ напоминает азотистый обмен у животных.

менный *Limulus*) не имели минеральных включений в хитиновом скелете. Он имеется только у современных Crustacea. У остальных Arthropoda реже, но встречается импрегнация CaCO_3 , а у некоторых Crustacea еще реже образуются минеральные скелеты из арагонита или кальцита.

Белковые опорные ткани (и покровные), как то: спонгин, корнеин, конхиолин и многие другие – отличаются разнообразием состава (аминокислот). Генетическая связь между этими белками не выяснена. Белковые опорные ткани имеются у Porifera, Coelenterata, Brachiopoda, Vermes, Echinodermata и др.

На белковой основе органического скелета Invertebrata возникают минеральные скелеты. Причем минеральным скелетом являются здесь только разности CaCO_3 и $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$. Относительно известковых скелетов Invertebrata можно было бы только сказать, что каждой геологической эре отвечали свои известковые организмы, свои концентраторы CaCO_3 : водоросли – в протерозое, Archaeocyathidae – в раннем кембрии, многочисленные Tetracorallia – в палеозое, Hexacorallia и многие другие рифообразователи – в мезозое и т. д. Причем, как мы уже видели, Invertebrata с белково-известково-магнезиальным скелетом в течение всего своего периода существования остаются исключительно морскими организмами (кальцитовые скелеты) – Calcarea, Octocorallia, Echinodermata и др., а также Brachiopoda и т. д.; другие же, с арагонитовым скелетом, частично распространяются в пресные воды – Hydrozoa, Vermes, Mollusca и т. д. Но как исключение Arthropoda, Vertebrata захватывают не только море, сушу, но и воздух.

Таким образом, эволюция одних протекала в границах океана, других – моря и пресных вод и, наконец, третьих – моря, суши и воздуха.

Вернемся к эволюции состава опорных тканей Metazoa. На основе белковой опорной ткани возникает и новая форма минерального скелета – белково-апатитового. Установить, когда геологически и у каких именно организмов впервые возникает апатитовый скелет, сейчас невозможно. У силурийских и девонских Ostracodermi, т. е. среди Vertebrata, наружный панцирь их был уже настоящей костью с апатитовым строением. Наблюдаемое частичное окостенение у Elasmobranchii – того же характера. Затем кость появляется у карбонных лабиринтодонт. В триасе апатит широко представлен в скелете костистых рыб. Интересно отметить, что одновременно в палеозое и даже раньше существовали беспозвоночные Brachiopoda с белково-апатитовым (частично фтороапатитовым) минеральным скелетом. Вещество апатита в раковине *Lingula* и других переслаивается с белковым веществом. Это указывает в известной мере на то, что в палеозое могли существовать и другие организмы, ныне вымершие, с подобного рода апатитовыми скелетами.

Мы выше сказали, что два типа организмов – Arthropoda и Vertebrata – захватили море, сушу и воздух. Совершенно различные по организации и химическому составу, с одной стороны, Vertebrata с белково-апатитовым опорным скелетом, с гемоглобиновой кровью и т. д., а с другой – Arthropoda с хитиновыми опорными тканями, гемоцианиновой кровью и т. д. имеют, однако, некоторые общие черты в составе тканей, обусловленные параллельной эволюцией этих типов. Vertebrata пережили век гигантских форм амфибий в перми, рептилий в юре, а среди Arthropoda были гигантские Merostomata в палеозое и гигантские Insecta (в карбоне).

Vertebrata и Arthropoda имеют поперечно-полосатую мускулатуру. Солевой состав крови современных Vertebrata и Arthropoda (Crustacea) очень близок и отличается от солевого состава всех других организмов. Солевой состав крови возник параллельно у обоих типов в результате, вероятно, адаптации к пресноводным условиям существования.

В хитиновой основе многих Crustacea и других Arthropoda откладываются фосфаты кальция.

У Vertebrata, наконец, огромный резерв фосфора заключается в костях, и нам думается, что с момента образования настоящей кости у Vertebrata было обеспечено бесперебойное снабжение фосфором развивающейся нервной ткани, с функцией которой, как известно, связан наиболее интенсивный обмен фосфора в организмах.

Изменения химического элементарного состава Invertebrata зависят, конечно, не только от изменений скелетных тканей этих организмов. Они тесно связаны со степенью дифференциации и всех других тканей, а также органов Invertebrata. Наибольшее влияние оказывают на общий состав организмов (помимо опорной скелетной ткани) мышечная ткань, состав пищеварительных желез – hepatopancreas и др., кровь, почки, половые железы и т. д.

Гомологичные ткани и органы, как правило, имеют у Invertebrata близкий химический элементарный состав. Обратное, аналогичные по функциям органы и ткани значительно различаются по химическому составу. Напомним, например, о разном составе раковины *Argonauta* и других Cephalopoda или opercula и других скелетных элементов у разных Mollusca и т. д.

Существующие данные часто не позволяют видеть все основные тенденции в изменениях химического элементарного состава тех или иных органов или тканей данного класса, типа организмов. Но, по-видимому, в пределах класса химический элементарный состав, например, мышечной ткани очень мало изменился. Вместе с тем происходят и глубокие изменения в характере соединений N, S, P и других химических элементов (молекулярного состава).

Напомним, например, об изменениях азотного обмена, наиболее изученного. Так, все Invertebrata в мышцах содержат больше моноаминового азота, чем Vertebrata, или в мышцах (и крови) Invertebrata (и Cyclostomata) креатина меньше, чем в мышцах Vertebrata и т. д. [см. Delaunay (1931); Carteni, Morelli (1934); Needham (1942) и мн. др.]. Различие в конечных продуктах азотного обмена у животного позволило Needham высказать гипотезу, что древние организмы, выделявшие мочевины (аммиак), были водными, а организмы, имевшие конечными продуктами азотного обмена мочевую кислоту, были первично наземными организмами.

Совершенно так же изменялся и характер молекулярных соединений фосфора в мышцах у разных организмов. Водорастворимых соединений фосфора в мышцах Invertebrata больше, чем у Pisces. У Invertebrata, как правило, известная часть фосфорной кислоты связана преимущественно с аргинином, у Vertebrata – с креатинином и т. п. [см. Needham, Needham, Yudkin, Baldwin (1932), Lohmann (1935)]. Аналогичные изменения можно видеть для соединений серы, углерода. Но мы не можем здесь останавливаться на изменениях молекулярного органического состава мышц и других органов и тканей организмов, представляющих собой огромную область сравнительной биохимии.

В крови организмов (табл. 327) происходят изменения, с одной стороны, солевого состава, с другой – состава кровяного пигмента и, наконец, характера органических веществ плазмы. Солевой состав крови Invertebrata, как мы уже видели, в целом напоминает состав морской воды. Но у Crustacea, а затем у Pisces и других Vertebrata солевой состав, особенно в связи с появлением осморегуляции и значением в этом смысле органических веществ крови, значительно изменяется. Можно различить несколько путей изменения солевого состава крови при эволюции организмов.

1. Invertebrata практически с замкнутой кровеносной системой – морские организмы, никогда не обитавшие в условиях пресных вод, как, например, Cephalopoda, имеют солевой состав, отвечающий солевому составу морской воды. Равно как большинство всех других морских Invertebrata также имеют состав, близкий к составу морской воды (Vennes, Mollusca, Tunicata и др.)

Таблица 327
Сравнительный солевой состав крови (целомической жидкости и т. п.) животных (в г на 1 л)

Организм	Комментарий	-Δ°C	Органическое вещество	Неорганическое вещество	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄ ²⁻	Авторы
Brachiopoda*											
Vermes											
<i>Sipunculus nudus</i>		-	-	-	-	0.49	0.47	1.007	23.60	-	Bethe, Berger, 1931
<i>Arenicola clareddii</i>		-	-	-	-	0.578	0.496	1.922	22.91	-	Bialaszewicz, 1933
<i>Aphrodite aculeata</i>		-	-	-	-	0.676	0.601	1.491	22.27	-	Тот же
Echinodermata											
<i>Paracentrotus lividus</i>	♂, гемолимфа	2.01	8.94	32.08	-	0.488	1.156	-	20.26	-	Рог, 1936е
<i>Paracentrotus lividus</i>	♀	2.02	10.29	29.19	-	0.497	0.914	-	20.0	-	Тот же
<i>Paracentrotus lividus</i>		-	-	-	-	0.496	0.52	1.267	21.98	-	Bialaszewicz, 1933
<i>Astropecten aurantiacus</i>		-	-	-	-	0.566	0.570	1.313	23.40	-	Тот же
<i>Sphaerechinus granularis</i>		-	-	-	-	0.496	0.512	1.298	21.95	-	«
<i>Holothuria tubulosa</i>		-	-	-	-	0.534	0.558	1.456	23.08	-	«
<i>Echinus esculentus</i>		-	-	-	10.22	0.374	0.399	1.223	18.59	2.601	Robertson, 1939
	(целом, ж.)	-	-	-	12.20	0.522	0.513	1.23	19.40	-	Bethe, Berger, 1931
	(амбул. ж.)*	-	-	-	12.00	0.753	0.606	1.21	19.61	-	Те же
Mollusca											
<i>Doris tuberculata</i>		-	-	-	11.80	0.588	0.505	1.39	18.75	-	«
<i>Aplysia punctata</i>		-	-	-	13.50	0.471	0.535	1.30	22.17	-	«
<i>Helix pomatia</i>	Наземная	-	-	-	1.37	0.184	0.166	0.019	1.98	-	Lustig, Ernst, Reuss, 1937
	зимой	-	-	-	1.58	0.182	0.262	0.049	2.77	-	Те же
<i>Mytilus edulis</i>		-	-	-	10.35	0.35	0.46	-	19.20	-	Bethe, Berger, 1931
<i>Pinna nobilis</i>		-	-	-	-	0.643	0.608	1.44	22.59	-	Bialaszewicz, 1933

Таблица 327 (продолжение)

Организм	Комментарий	-Δ°C	Органическое вещество	Неорганическое вещество	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄ ²⁻	Авторы
<i>Sepia officinalis</i>		2.04	-	-	-	-	-	-	-	-	Pora, 1936e
Enteropneusta*											
Arthropoda											
<i>Palinurus vulgaris</i>		-	-	-	14.20	1.078	1.11	0.369	21.60	-	Bethe, Berger, 1931
<i>Palinurus interruptus</i>		2.19	-	-	12.21	0.470	0.78	0.25	-	-	Schlatter, 1941
<i>Carcinus moenas</i>		-	-	-	13.27	0.293	0.498	0.646	19.28	-	Bethe, Berger, 1931
		-	-	-	-	-	0.611	1.19	22.98	-	Bialaszewicz, 1933
<i>Hyas araneus</i>		-	-	-	11.72	0.507	0.467	0.91	18.40	-	Bethe, Berger, 1931
<i>Portunus depurator</i>		-	-	-	9.80	1.15	0.476	-	18.00	-	Те же
<i>Eriochelone sinensis</i>	Свежая	-	-	-	11.30	0.39	0.565	-	15.50	-	Bethe, Berger, 1931
		1.21	-	-	7.56	-	0.722	-	19.05	-	Drilhon-Courtois, Portier, 1939
<i>Eriphia spinifrons</i>		-	-	-	-	0.69	0.566	0.475	22.0	-	Bethe, Berger, 1931
<i>Cambarus clarkii</i>	Свежая	0.68	-	-	-	0.225	0.49	0.049	-	-	Schlatter, 1941
<i>Pachygrapsus crassipes</i>		1.83	-	-	3.69	0.355	0.54	0.24	-	-	Тот же
<i>Homarus vulgaris</i>		-	-	-	10.60	0.778	0.71	0.10	18.45	-	Bethe, Berger, 1931
		-	-	-	11.46	0.555	0.587	0.173	18.26	0.762	Robertson, 1939
		-	-	-	11.71	0.468	0.552	0.658	18.08	2.306	Тот же
<i>Cancer pagurus</i>		-	-	-	11.55	0.715	0.49	0.661	18.35	-	Bethe, Berger, 1931
		-	-	-	12.45	0.768	0.83	-	19.3	-	Pora, 1936-e
<i>Maja squinala</i>		2.028	-	-	-	1.365	1.086	1.068	22.0	-	Bethe, Berger, 1931
		-	-	-	13.55	0.523	0.493	1.49	22.26	-	Bialaszewicz, 1933
		-	-	-	-	-	0.490	1.351	22.90	-	Bethe, Berger, 1931
<i>Maja verrucosa</i>		-	-	-	-	0.240	0.342	0.062	6.84	-	Scholles, 1933
<i>Potamobius fluviatilis</i>	Свежая	0.81	-	-	-	0.141	0.42	-	7.00	-	Drilhon-Courtois, Portier, 1939
		-	-	-	3.00	0.330	0.723	-	17.5	-	-
<i>Telphusa fluviatilis</i>		1.16	-	-	7.75	-	-	-	-	-	-

Таблица 327 (окончание)

Организм	Комментарий	-Δ°C	Органическое вещество	Неорганическое вещество	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄ ²⁻	Авторы
Tunicata											
<i>Phallusia mammillata</i>		—	—	—	—	0.854	0.570	1.45	24.47	—	Bialaszewicz, 1933
<i>Ciona intestinalis</i>		—	—	—	—	0.504	0.52	1.316	23.54	—	Тот же
Cyclostomata											
Pisces											
<i>Raja erinacea</i>	Elasmobranchii морская	—	—	—	5.84	0.312	0.480	0.120	9.45	—	Hartman, Lewis, Shelden, Walther, 1941
<i>Pristis microdon</i>	Elasmobranchii пресноводная	1.02	—	—	—	—	—	—	6.03	Не обнаружено	Smith, 1931
<i>Lophius piscatorius</i>	Teleostei морская	—	—	—	4.62	0.273	0.14	0.024	6.73	0.11	Smith, 1929b
<i>Suiprinius carpio</i>	♂, Teleostei пресно-водная	—	—	—	3.09	0.18	0.09	—	5.65	—	Pora, 1935b
Mammalia											
<i>Balaenoptera physalus</i>	4, морские	—	—	—	3.30	0.227	0.06	0.057	4.97	—	Okahara, 1925
<i>Notio sapiens</i>		—	—	—	3.00	0.25	0.09	0.03	3.80	—	—
Морская вода		—	35.00	—	10.7	0.38	0.45	1.40	19.0	2.65	—
Пресная вода		—	0.20	—	0.016	0.003	0.04	0.007	0.01	0.024	—

* Амбулакральная жидкость.

2. Равномерное разбавление раствора крови морских животных, наблюдаемое, например, у организмов, живущих в солоноватых или опресненных бассейнах (например, Mollusca).

3. Некоторое разбавление раствора крови, идущее с определенным, но неравномерным изменением количественного содержания отдельных ионов, как мы это имеем у современных Crustacea. В растворе крови увеличивается отношение K/Na , уменьшается содержание SO_4^{2-} и особенно Mg^{2+} . Морские и пресноводные Crustacea (и *Limulus*) имеют одинакового состава раствор крови. Интересно отметить, что, по-видимому, многие и наземные Mollusca (например, Pulmonata и др.) имеют аналогичный солевой состав крови. Имеются все основания считать, что подобного рода изменения связаны с адаптацией к пресноводным (а может быть, и к наземным) условиям существования.

4. У Pisces, как морских, так и пресноводных⁶, и всех других Vertebrata с замкнутой кровеносной системой солевой состав близок к солевому составу крови Crustacea, с еще меньшим содержанием SO_4^{2-} (а также Mg^{2+}). Пресные воды, кстати сказать, резко отличаются от соленых, морских низким содержанием именно SO_4^{2-} и Mg^{2+} . Очевидно, и здесь эти изменения параллельны изменениям состава крови Crustacea и других Arthropoda, т. е. являются результатом древней адаптации этих организмов к пресноводным условиям существования.

5. Полное изменение «морского» солевого состава крови и приближение состава раствора крови к среднему составу пресных вод наблюдаются, по-видимому, у всех Unionidae и других пресноводных Mollusca, а также, вероятно, некоторых других пресноводных Invertebrata (Vermes?), что, однако, не изучено.

Следовательно, мы не можем согласиться с MacCollum (1950), который считал, что солевой состав крови Crustacea, а также *Limulus* и Pisces является отражением состава воды какого-то древнего океана. Эти изменения связаны с адаптацией древних Crustacea, Xiphosura и Pisces к пресноводным условиям существования.

Относительно тенденций в изменениях химического состава дыхательных пигментов Invertebrata мы уже упоминали в главе XIX.

Исключительную роль в формировании химического элементарного состава Invertebrata приобретает появление пищеварительных желез, особенно hepatopancreas. С деятельностью этих желез связана концентрация тяжелых металлов: Fe, Mn, Co, Cu, Cd, Zn и др.

Ни мышечная, ни другая ткань не концентрирует эти элементы в тех количествах, в каких они встречаются в тканях hepatopancreas (и печени Vertebrata). У Vermes, имеющих часто хорошо развитую мускулатуру, но не содержащих желез, гомологичных печени других Invertebrata, не наблюдается концентрация в скольких-нибудь значительных количествах тяжелых металлов (кроме Fe). Впервые у Brachiopoda (hepatopancreas!), а затем особенно у Mollusca и Arthropoda (Crustacea), обнаруживается резкое накопление в их телах тяжелых металлов.

Частично происходит обогащение тяжелыми металлами и нефридиальных органов Invertebrata (почки).

Как мы уже знаем, концентрация металлов железистой тканью печени сохраняется и у рыб, и у всех других Vertebrata.

В связи с этой замечательной функцией организмов, их тканей и органов концентрировать рассеянные химические элементы мы хотели бы обратить внимание на некоторые закономерности, наблюдаемые при этом. У Protozoa и других одноклеточных организмов накопление отдельных химических элементов нерезко диф-

⁶ О мочеvine в крови Elasmobranchii см. главу XXI.

ференцировано и происходит во всех их тканях. Накопление галогенов наиболее примитивными Invertebrata-Porifera, Octocorallia, некоторыми Hexacorallia и др. (и, конечно, Algae) происходит в опорных тканях, нередко составляющих главную массу тела организмов. У Mollusca, Crustacea, Tunicata металлы концентрируются весьма разнообразно в разных органах и тканях. Закономерность, о которой мы выше упомянули, можно было бы назвать параллельными рядами накопления.

Приведем некоторые примеры.

Иод накапливается многими видами водорослей, как Phaeophyceae, так и Rhodophyceae. Среди Phaeophyceae наиболее сильно концентрируют иод виды сем. Laminariaceae, а среди Rhodophyceae, например, виды сем. Ceramiaceae. Наконец, в том и в другом семействе известны отдельные виды – *Laminaria digitata*, *Lam. saccharina*, а с другой стороны, *Phyllophora rubens*, *Ptilota* и др., являющиеся исключительными концентраторами иода.

Те же явления у Porifera, Coelenterata. Среди губок особенно концентрируют иод некоторые виды *Cornacuspongia* сем. Spongiidae, Aplysinidae. *Spongia officinalis*, *Sp. usitatis* и другие являются исключительными в этом отношении. У Octocorallia и Hexacorallia известны Gorgoniidae, Pennatulidae и, с другой стороны, Antipathidae, накапливающие иод. Среди них *Gorgonia cavolini*, *Antipathes ericoides* и другие содержат всегда максимальное количество иода и т. п.

Среди рыб Gadidae отличаются от других высокой концентрацией иода в тканях и, в частности, *Gadus morhua* концентрируют иод выше других Gadidae.

Приведем другой пример с накоплением тяжелых металлов. Цинк концентрируется всеми Mollusca (и другими Invertebrata), но особенно моллюсками сем. Ostreidae, а из последних исключительно высоко *Ostrea edulis*, *Ostr. virginica* и др. Медь концентрируется всеми моллюсками. Но Cephalopoda содержат ее больше других и, в частности, некоторые из них – *Octopus* и др.

Ванадий распространен в ряде Tunicata, особенно среди представителей семейств отряда Phlebobranchiata и реже среди других двух отрядов.

Но наиболее высокое содержание V встречается в сем. Ascidiidae, Cionidae и др., в особенности у *Ascidia mammillata*, *Ascidia obliqua*, *Ciona intestinalis*. То же можно было бы показать и для Mn (см. наши наблюдения с Formicidae), Fe, Co и других металлов.

Еще больше подобных примеров можно было бы найти в распределении P, Ca, Mg, Si, S, N и многих других в тканях Invertebrata, отчасти они нами приводились выше. Создается впечатление, что наиболее богатые (в смысле накопления того или иного химического элемента) организмы – крайние члены этих параллельных рядов накопления – одновременно являются в эволюционном ряду наиболее высокостоящими по сравнению с другими. Точный смысл, генетическое значение этих рядов, конечно, можно выяснить лишь путем дальнейших исследований.

Наконец, в заключение мы могли бы поставить вопрос, при каких условиях наблюдаются наибольшие изменения химического состава в той или иной группе, классе организмов. На основании тех изменений в составе, которые претерпевают, например, морские водоросли из разных зон обитания; изменений состава скелета морских организмов, перемещающихся в процессе эволюции из верхних слоев морской воды в более глубокие слои; изменений состава скелета, солевого состава крови, дыхательного пигмента, при адаптации к пресным водам и т. д., и т. д., о которых упоминалось выше, можно говорить в идеальном случае о двух основных линиях изменений химического состава организмов. Первая – изменения состава у тех организмов, развитие которых в течение всего геологического времени их существования связано с морем. Этот морской цикл изменений связан с перемещением ареала обитания, в процессе эволюции группы, класса организмов из верхних

горизонтов толщи морской воды в более глубокие, на дно, в грунт и в ряде случаев – обратно в толщу воды.

Вторая линия изменений, более резко определяющаяся, – изменений, связанных с перемещением морских организмов в солоноватые воды и далее в пресные воды (или обратно). В этом случае изменения химического состава организмов, как мы видели выше, наиболее сильные. И поэтому не колебание состава солевой массы океанической воды, которое, очень возможно, в незначительной степени могло происходить в течение длительного геологического отрезка времени, оказывало главное воздействие на эволюцию химического состава организмов, а более глубокое влияние, возникшее в результате контакта и перемещения морских организмов во временные солоноватые бассейны и пресные воды, и обратно.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аверинцев С.* О структуре извести в раковинах корненожек // Тр. имп. СПб. о-ва естествоиспытателей. 1901–1902. Т. 32, вып. 1. С. 189.
2. *Awerinzew S.* [*Аверинцев С.*]. Über die Struktur der Kalkschalen mariner Rhizopoden // Ztschr. wiss. Zool. 1903. Bd. 74. S. 478.
3. *Awerinzew S.* [*Аверинцев С.*]. Die Struktur und die chemische Zusammensetzung der Gehäuse bei den Susswasserrhizopoden // Arch. Protishenk. 1907. Bd. 8. S. 95.
4. *Аверкиев Н.Д.* Опытная станция по исследованию и добычанию русского йода из морских водорослей // Вестн. Царскосел. р-на. 1915. № 10.
5. *Аверкиев Н.Д.* Исследование йодсодержащих водорослей морей СССР // Хим.-фарм. вестн. 1926. Т. 3/4. С. 2.
6. *Аверкиев Н.Д.* О добыче йода из водорослей Черного моря: Красная филлофора // Журн. прикл. химии. 1928. Т. 3, № 4. С. 589.
7. *Andrusov N.I.* [*Андрусов Н.И.*]. Eine fossile Acetabularia als gesteinsbildender Organismus // Ann. naturhist. Mus. Wien. 1887. Bd. 2. S. 77.
8. *Борнеман-Старынкевич И.Д., Боровик С.А., Боровский И.Б.* Редкие земли в растениях и почвах // Докл. АН СССР. 1941. Т. 30. С. 227.
9. *Боровик-Романова Т.Ф.* Количественные спектроскопические определения бария в золе растений // Тр. Биогехим. лаб. 1939. Т. 5. С. 175.
10. *Боровик-Романова Т.Ф.* Содержание рубидия в растениях // Докл. АН СССР. 1944. Т. 43. С. 168; Т. 44. С. 313.
11. *Бруевич С.В., Трофимов А.В., Гартман А.Н.* Содержание йода в водорослях Белого моря и Мурманского побережья // Тр. Гос. океаногр. ин-та. 1933. Т. 3, вып. 3. С. 61.
12. *Бруновский Б.К.* Концентрация радия в различных организмах // Тр. Биогехим. лаб. 1932. Т. 2. С. 9.
13. *Brunovski B.K., Kunasheva C.G.* [*Бруновский Б.К., Кунашева К.Г.*]. Quelques données sur le contenu du radium dans les plantes et dans les eaux // Trav. Lab. biogéochim. URSS. 1935. Vol. 3. P. 31.
14. *Budrik W.M.* [*Будрик В.М.*]. Materialich zur kenntnis der Tambukanseen // Neues Ib. Miner. Geol. Paläontol. Abt. A. 1927.
15. *Burkser E.S., Brun I., Bronstein K.* [*Бурксер Е.С., Брун И., Бронштейн К.*]. Zur Frage der Bioradioaktivität der Pflanzen und der Existenz von Radiumelementen in denselben // Biochem. Ztschr. 1927. Bd. 181. S. 145.
16. *Burkser E.S., Kondoguri W., Milgewska W., Bronstein K.* [*Бурксер Е.С., Кондогури В., Мильгевская В., Бронштейн К.*]. Versuche einer Bestimmung von Radiumelementen in Pflanzen // Ibid. 1929. Bd. 233. S. 58.
17. *Burkser E.S., Schapiro M., Bronstein K.* [*Бурксер Е.С., Шapiro М., Бронштейн К.*]. Radiumgehalt einiger Nahrungsmittel // Ibid. 1929. Bd. 211. S. 323.
18. *Буткевич В.С.* Образование морских железомарганцевых отложений и участвующие в нем микроорганизмы // Тр. Мор. науч. ин-та. 1928. Т. 3, вып. 3. С. 1.
19. *Вараксин А.* Исследование водорослей Мурмана // Науч.-агрон. журн. 1924. № 12. С. 707.
20. *Ведринский А.И.* Химический состав водорослей промышленного значения из Белого моря // Водоросли Белого моря. Архангельск, 1938а. С. 61. (Тр. Арханг. водоросл. НИИ).
21. *Ведринский А.И.* Основы комплексной переработки беломорских ламинарий // Там же. 1938б. С. 107.
22. *Вержбинская Н.А., Борсук В.Н., Крепс Е.М.* К биохимии мышечного сокращения у голотурий // Арх. биол. наук. 1935. Т. 38. С. 369.
23. *Vernadsky V.I.* [*Вернадский В.И.*]. Sur le nickel et cobalt dans la biosphère // C. r. Acad. sci. 1922. Vol. 175. P. 382.
24. *Вернадский В.И.* Живое вещество в химии моря. Пг.: НХТИ, 1923. 36 с.
25. *Vernadsky V.I.* [*Вернадский В.И.*]. Les isotopes et la matière vivante // C. r. Acad. sci. URSS. Ser. A. 1926. Pp. 215–218.
26. *Вернадский В.И.* Очерки геохимии. 4-е изд. (2-е рус.). М.: Госгеолтехиздат, 1934. 380 с.

27. Вернадский В.И. Биогеохимические очерки. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940. 250 с.
28. Вещезеров Б.И. Лещ, сазан и сом Азовско-Донского района // Тр. Всесоюз. НИИ рыб. пром-сти. Ленингр. секция. 1933. Т. 3. С. 13.
29. Vinogradov A.P. [Виноградов А.П.]. Composition chimique élémentaire des organismes // Зап. Фіз.-мат. відд. ВУАН. 1930а. Т. 4, вип. 5. С. 357.
30. Vinogradov A.P. [Виноградов А.П.]. Études sur composition chimique du plankton. 1. Analyse du plankton de l'étang Ekaterininski à Detskoïé Sélo // Trav. Lab. biogéochim. URSS. 1930b. Vol. I. P. 33.
31. Виноградов А.П. Ванадий в морских организмах // Докл. АН СССР. Сер. А. 1930в. № 17. С. 465.
32. Виноградов А.П. Ванадий в организмах // Тр. Биогеохим. лаб. 1932. Т. 2. С. 1.
33. Vinogradov A.P. [Виноградов А.П.]. La composition chimique élémentaire des organismes vivants et le système périodique des éléments chimiques // С. г. Acad. sci. 1933. Vol. 197. P. 1673.
34. Виноградов А.П. Распространение ванадия в организмах // Докл. АН СССР. 1934. Т. 3, № 6. С. 454.
35. Виноградов А.П. Химический состав глубоководного коралла (*Primnoa Resedaeiformis* var. *Pacifica*) из Японского моря // Исследование морей СССР / под ред. К.М. Дерюгина. Л., 1935. Вып. 22. С. 54.
36. Виноградов А.П. Марганец в насекомых (Formicidae). III. К вопросу о химическом элементарном составе организмов как признаке вида // Докл. АН СССР. 1937. Т. 14, № 6. С. 357.
37. Виноградов А.П. Иод в морских илах: О происхождении йод-бромных вод нефтеносных районов // Тр. Биогеохим. лаб. 1938а. Т. 5. С. 19.
38. Виноградов А.П. Химический состав морского планктона // Тр. ВНИРО. 1938б. Т. 77. С. 97.
39. Виноградов А.П. Геохимия и биогеохимия // Успехи химии. 1938в. Т. 7, вып. 5. С. 645.
40. Vinogradov A.P. [Виноградов А.П.]. Biogeochemical provinces and endemia // С. г. Acad. sci. URSS. 1938. Vol. 18, no. 4/5. P. 283.
41. Виноградов А.П. Химический состав планктона // Тр. Биогеохим. лаб. 1939. Т. 5. С. 47.
42. Виноградов А.П. О причине отсутствия известковых (из CaCO_3) скелетов у докембрийских беспозвоночных // Докл. АН СССР. 1940. Т. 27, № 3. С. 230.
43. Виноградов А.П. Геохимия рассеянных элементов морской воды // Успехи химии. 1944. Т. 13, вып. 1. С. 5.
44. Виноградов А.П., Бергман Г.Г. Содержание иода в красных водорослях // Тр. ВНИРО. 1938. Т. 7. С. 89.
45. Виноградов А.П., Бойченко Е.А. Разрушение каолина диатомовыми водорослями // Докл. АН СССР. 1942. Т. 37, № 4. С. 158.
46. Виноградов А.П., Боровик-Романова Т.Ф. К геохимии стронция // Там же. 1945. Т. 46, № 5. С. 211.
47. Gaidukov N. [Гайдуков Н.]. Ueber die Eisenalge *Conferva* und die Eisenorganismen des Süßwassers in allgemeinen // Ber. Dts. bot. Ges. 1905. Bd. 23. S. 250.
48. Гайл Т. Очерк водорослевого пояса приморского побережья в связи с некоторыми общими вопросами его использования // Изв. Тихоокеан. научн. ин-та рыб. хоз-ва. 1930. Т. 4, вып. 2. С. 25.
49. Galtsoff P.S. [Гальцов П.С.]. The biochemistry of the invertebrates of the sea // Ecol. Monogr. 1934. Vol. 4. P. 481.
50. Galtsoff P.S. [Гальцов П.С.]. Sources of calcium for the shell of *Ostrea virginica* // Nature. 1938. Vol. 141. P. 922.
51. Глебович Т.А. Бор в море // Тр. Биогеохим. лаб. 1946. Т. VIII С. 227.
52. Golenkin M. [Голенкин М.]. Das Vorkommen von freiem Iod bei *Bonnemaisonia asparagoides* // Bull. Soc. Natur. Moscou. N.S. 1895. Bd. 8. S. 257.
53. Залесский М.Д. Естественная история одного угля // Тр. Геол. ком. Н.С. 1916. Вып. 139.
54. Зинова Е.С. Морская капуста (*Laminaria*) и другие водоросли, имеющие промысловое значение // Изв. Тихоокеан. науч.-пром. станции. Владивосток, 1928. Т. 1, вып. 1. С. 77.
55. Зинова Е.С. Водоросли Черного моря, окрестностей Новороссийской бухты и их использование // Тр. Севастопол. биол. станции. 1935. Т. 4.
56. Иванов В.Е. Морская капуста и утилизация ее в условиях Дальневосточного края для производства иода // I конф. по изуч. произв. сил Дальнего Востока. Хабаровск; Владивосток, 1927. Вып. 6. С. 128.
57. Ильин М.Д. Рыбы как пищевой продукт. СПб., 1911.
58. Isachenko V.L. [Исаченко В.Л.]. Nitrogen fixation, nitrification, denitrification and the production of hydrogen sulfide by bacteria in the Arctic Ocean // Rev. Agr. Expert. 1917. Vol. 17. P. 175.
59. Калишев А.П. Исследование морских водорослей Приморской области в целях промышленного получения из них йода и калийных солей // Изв. Сиб. технол. ин-та. 1926. Т. 1(47), вып. 2.

60. Каминская Ш.Е. К нахождению титана в организмах // Тр. Биогеохим. лаб. 1937. Т. 4. С. 227.
61. Капланский С., Болдырева Н. К вопросу о регуляции минерального обмена у гомойосмотических рыб при изменении минерального состава воды. II // Физиол. журн. СССР. 1934. Т. 18. С. 96. Том посвящен памяти И.М. Сеченова.
62. Кизеветтер И.В. О химическом составе ряда Rhodophyceae из водорослевого пояса Приморья // Вестн. Дальневост. фил. АН СССР. 1936а. № 20. С. 57.
63. Кизеветтер И.В. Химический состав водорослей – *Laminaria japonica* // Там же. 1936б. № 19. С. 21.
64. Колчев В.В. Химический состав астраханской воibly // Тр. Науч. ин-та рыб. хоз-ва. 1924. Т. 1. С. 401.
65. Комаровский А.С., Тюльпина А.Ф., Фишер Г.Б. Визначения в місту йоду у водорослях Чорного моря // Укр. хим. журн. 1934. Т. 8, № 2.
66. Костычев П. Состав различных рыбных продуктов и их пищевое значение // Сел. хоз-во и лесоводство. 1883. Т. 124. С. 47.
67. Kostychev P. [Костычев И.]. Chemical composition of fish products with some remarks on their nutritive value // Rep. U.S. Comm. Fish. (1886). 1889. Vol. 14. P. 1019.
68. Kostyshev P., Marggraf O. [Костычев П., Марграф О.]. Ueber die chemische Zusammensetzung der in dem Apatitstein der russischen Kreideformation vorkommenden versteinerten Schwämme // Bull. Acad. Sci. St. Pétersburg. 1869. Vol. 13. P. 19.
69. Кошоянц Х.С., Коржув П.А. Количество мочевины в крови ганоидных рыб в связи с вопросами эволюции рыб // Бюл. биол. и мед. экспертизы СССР. 1936. Т. 2, № 3, С. 187.
70. Кунашева К.Г. Содержание радия в растительных и животных организмах // Тр. Биогеохим. лаб. 1944. Т. 7. С. 98.
71. Кутын С.И. Двинские мидии // Сборник научных работ Бактериологического института Архангельской области за 1935–1937 гг. Архангельск, 1939. Вып. 1. С. 78.
72. Кьяницын И. Питательность трески: диссертация. СПб., 1887.
73. Лазаревский А.А. К вопросу о промышленном использовании пресноводных моллюсков // Тр. Всесоюз. НИИ рыб. пром-сти. Ленингр. секция. 1933. Т. 3. С. 121.
74. Лахно Ю.В. Фосфорні та азотісі сполуки в мускулах рідних рыб // Укр. біохім. журн. 1935. Т. 8, № 1. С. 61.
75. Lakhno Yu.V., Skvirskaya E.B. [Лахно Ю.В., Сквирська Е.Б.]. A study of the chemical composition of the brain of the marine fish. II. Nitrogen compounds in the brain of *Selacii* // Ukr. Biochem. 1938. Vol. 11. P. 30.
76. Lidow A. [Лидов А.]. Analytische Notizen aus dem Laboratorium der Türkischroth Farberei (A. Baranow) bei Moskau // Chem.-Ztg. 1880. Bd. 4. S. 818.
77. Lipski V.I. [Липский В.И.]. L'iode et l'agar-agar fournies par les algues de la Mer Noire // C. r. Acad. sci. URSS. 1932. No. 3. P. 60.
78. Лясога. К вопросу о производстве йода на Дальнем Востоке // Вестн. фармакологии. 1928. № 8. С. 509.
79. Мальянец А.А. Микробиологические исследования грунта Каспийского моря // Тр. Азерб. нефт. ин-та. Геол. отд. 1933. Вып. 18.
80. Малюга Д.П. К геохимии рассеянного никеля. 1. Распределение никеля в организмах и в биосфере // Тр. Биогеохим. лаб. 1939. Т. 5. С. 91.
81. Малюга Д.П. Кадмий в организмах // Докл. АН СССР. 1941. Т. 31. С. 145.
82. Малюга Д.П. К геохимии рассеянных никеля и кобальта // Тр. Биогеохим. лаб. 1946. Т. 8. С. 73.
83. Миндер Л.П. Промысел и обработка рыбы Азовского бассейна // Тр. Всесоюз. НИИ рыб. пром-сти. Ленингр. секция. 1933. Т. 3. С. 3.
84. Nadson G.A. [Надсон Г.А.]. Die perforierenden (kalkbohrenden) Algen und ihre Bedeutung in der Natur // Scr. bot. Petropol. 1900. Fase. 18. P. 34.
85. Надсон Г.А. Сверлящие водоросли и их значение в природе // Ботан. зап. 1900–1902. Вып. 18. С. 34.
86. Nadson G.A. [Надсон Г.А.]. Die Mikroorganismen als geologische Faktoren. 1. Ueber die Schwefelwasserstoffgährung im Weissowo-Salzee und über die Betheiligung des schwarzen Schlammes (Heilschlammes) // Arbeiten, Commission für der Euforschung der Mineralseen bei Slawjansk. St. Petersburg, 1903. Abstr. in: Bot. Zbl. 1904. Bd. 96. S. 591.
87. Nadson G.A. [Надсон Г.А.]. Contribution à l'étude des algues perforantes. 1. La dissociation du thalle et le polymorphisme chez les algues perforantes *Hyella et Mastigocoleus* // Bull. Acad. sci. URSS. Math.-Natur. Cl. 1932. Vol. VII, no. 7. P. 833.
88. Овчинников И.Ф. *Unio crassus* Retz. m. *ater* Nilss и его промысловое значение // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. 1932. Т. 1. С. 1.

89. *Озеров С.А.* К вопросу о химическом определении продуктивности озер // Тр. Науч. ин-та рыб. хоз-ва. 1924. Т. 1. С. 365.
90. *Озецкий В.Э., Кефер В.Н., Мангуба М.И.* Химический состав некоторых сортов рыб // Вопр. питания. 1936. № 2. С. 93.
91. *Окунев В.Н.* Состав и усвояемость некоторых сортов рыбы, кеты и бычков: диссертация. СПб., 1911.
92. *Опоцкий В.Ф., Погребинская С., Тюльпина А.Ф.* Характеристика черноморской филофлоры // Укр. хим. журн. 1934. Т. 9. С. 73.
93. *Осинов.* Химический состав и питательная ценность свежей рыбы Волго-Каспийского района. Астрахань, 1932.
94. *Оссендовский А.М.* Японский йод // Журн. Рус. физ.-хим. о-ва. 1906. Т. 38. С. 1081.
95. *Palladin A.V., Raschba H.* [Палладин А.В., Рауба Е.]. Über den Kreatingehalt der verschiedenen Teile des Gehirns bei Wirbeltieren // Ukr. Biokhem. Ztschr. 1935. Bd. 7. No. 3/4. S. 114.
96. *Palladin A.V., Sigalova R.R.* [Палладин А.В., Сигалова Р.Р.]. Contribution à l'étude de la teneur en acide créatine – phosphorique des muscles des poissons // Ibid. No. 2. S. 36.
97. *Пентегов Б.П., Георгиевский С.П., Ментов Ю.И.* Продукты моря // Изв. Тихоокеан. науч.-пром. станции. 1928. Т. 1. С. 313.
98. *Пентегов Б.П., Нянковский Р.Н., Плаксина И.Н.* Йод и клейющие вещества из морской капусты // I конф. по изуч. произв. сил Дальнего Востока. Хабаровск; Владивосток, 1927. Вып. 6. С. 122.
99. *Попов В.В.* Определение количества питательных веществ в наиболее употребительных сортах рыб: диссертация. СПб., 1882.
100. *Потапенко Г.В.* // Тр. Ин-та физики и кристаллографии. 1925. Т. 3. С. 16.
101. *Самойлов Я.В.* Месторождение тяжелого шпата восточной части Костромской губернии // Изв. Рос. Акад. наук. 1910. С. 857.
102. *Самойлов Я.В.* О сульфате бария в теле животных // Там же. 1911. С. 175.
103. *Самойлов Я.В.* Эволюция минерального состава скелетов организмов // Тр. Ин-та прикл. минералогии. 1923. Вып. 4.
104. *Самойлов Я.В., Рожкова Е.В.* Отложения кремнезема органического происхождения // Там же. 1925. Вып. 18. С. 1.
105. *Самойлов Я.В., Терентьева К.Ф.* Минеральный состав скелетов некоторых беспозвоночных Баренцева и Карского морей // Там же. 1925. Вып. 12. С. 27. Анализы Потапенко Г.В.
106. *Селиванов Л.С.* Геохимия и биогеохимия рассеянного брома // Тр. Биогеохим. лаб. 1939. Т. 5. С. 113.
107. *Selivanov L.S.* [Селиванов Л.С.]. Le géochimie et biogéochimie du brome disperse // Trav. Lab. Biogéochim. URSS. 1946. Vol. 8. P. 5.
108. *Skani-Grigorieva M.S.* [Скани-Григорьева М.С.]. Sur la composition chimique des poissons // Ibid. 1939. Vol. 5. P. 63.
109. *Skani-Grigorieva M.S.* [Скани-Григорьева М.С.]. Химический элементарный состав рыб. II. Состав икры озерной форели [*Salmo trutta*] // Тр. Биогехим. лаб. 1944. Т. 7. С. 116.
110. *Скопинцев Б.А., Михайловская Л.* Йод в воде Белого моря // Тр. Гос. океаногр. ин-та. 1933. Т. 3, вып. 3. С. 79.
111. *Smorodinzev L.A., Bebeschin K.W., Pavlova P.I.* [Смородинцев И.А., Бебешин К.В., Павлова П.И.]. Beiträge zur Chemie der Helminthen. 1. Die chemische Zusammensetzung von *Taenia saginata* // Biochem. Ztschr. 1933. Bd. 261. S. 176.
112. *Терентьева К.Ф.* Минералогический состав скелетов некоторых современных иглокожих // Тр. Биогеохим. лаб. 1932. Т. 2. С. 45.
113. *Тилик З.Е.* Химический состав невской миноги // Изв. Всесоюз. ин-та озер. и реч. рыб. хоз-ва. 1932. Т. 14. С. 149.
114. *Тилик З.Е.* Изменение химического состава мяса свирских лососей в связи с нерестовой миграцией // Там же.
115. *Трофимов А.Б.* О формах йода в морских водорослях // Тр. Гос. океаногр. ин-та. 1933. Т. 3, вып. 3. С. 88.
116. *Трофимов А.Б.* О сезонных колебаниях содержания йода и хлора в ламинариях Мурмана // Тр. НИИ мор. рыб. хоз-ва и океанографии. 1938а. Т. 7. С. 59.
117. *Трофимов А.Б.* О минеральном йоде в живых водорослях // Там же. 1938б. Т. 7. С. 68.
118. *Трофимов А.Б.* О выцвете солей на сухих водорослях // Там же. 1938в. Т. 7. С. 85.

119. Успенский. Марганец в растениях // Журн. Моск. отд. Рус. ботан. о-ва. 1922. Т. 1. С. 65.
120. Успенский. Действие различных количеств железа в почве и в питательной среде // Тр. Ин-та удобрений. 1924. № 23. С. 1.
121. *Chlopin V.G., Pasvik-Chlopin M.A.* [Хлопин В.Г., Пасвик-Хлопина М.А.]. Sur le mids atomique du potassium extrait des graines de pois // Bull. Soc. chim. France. 1932. Vol. 4, no. 51. P. 1227.
122. *Tschernorutzky E.H.* [Чернорутская Е.Н.]. Über das Vorkommen von Nucleinsäure in reifen Heringseiern // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1912. Bd. 80. S. 194.
123. Шкателов В. Содержание солей К, Вг и I в черноморских водорослях // Журн. Рус. физ.-хим. о-ва. 1917. Т. 49. С. 122.
124. Штенберг А.Н. Естественное содержание As в тканях пресноводных и морских организмов // Вопр. питания. 1939. Т. 8. С. 61.
125. Шульман П.А. Химия и технология азовского судака // Тр. Всесоюз. НИИ рыб. пром-сти. 1933. Т. 3. С. 35.
126. *Eratov L.S.* [Эратов Л.С.]. Unsere pacifischen Meeresalgen und ihre oekonomische Bedeutung für die Union der S.S. Republiken // Works All-Russ. Bot. Congr. 1928. Vol. 3. P. 165.
127. *Abderhalden E.* Lehrbuch der physiologischen Chemie. Basel: Schwabe, 1946. 417 S.
128. *Ackermann D., Müller E.* Über das Vorkommen von Dibromtyrosin neben Diiodtyrosin im Spongini // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1941. Bd. 269. S. 146.
129. *Aderholdt A.* De pertibus anorganicis Lycopodii Chamaecyparissus et clavati: Philos. Fac. Diss. E.P. Lecher. Bonn, 1852. 25 p.
130. *Adolph W.H., Whang P.C.* Iodine in nutrition in coastal mid-China // Chin. J. Physiol. 1932. Vol. 6. P. 345.
131. *Adriano F.T.* The proximate chemical analysis of Philippine foods and feeding stuffs // Philipp. Agr. 1925. Vol. 14. P. 57.
132. *Adriano F.T., De Guzman M.S.* The phosphorus and calcium content of some Philippine food products // Ibid. 1931. Vol. 20. P. 43.
133. *Adriano F.T., De Guzman M.S.* The proximate chemical analysis of some Philippine food products and feeding // Ibid. 1932. Vol. 20. P. 580.
134. *Agricola G.* De Ortu et Causis subterraneorum. Lib. V. De Natura Fossilium. Lib. X. Bermannus: sive, De Re metallica Dialogus. Basileae: H. Frobenium et N. Episcopium, 1546.
135. *Agulhon H.* Recherches sur la présence et le rôle du bore chez les végétaux: Thèses. P., 1910.
136. *Ahrberg P.* Über den feineren Bau der Perlmutter von Schnecken und Cephalopoden // Arch. Molluskenk. 1935. Bd. 67. S. 1.
137. *Aimé G.* Note sur les gaz dégagés par les plantes marines // Ann. Chim. (Phys.). Ser. 3. 1841. Vol. 2.
138. *Alander H.* Sponges from the Swedish west-coast and adjacent waters. Göteborg, 1942. 95 p.
139. *Albert R., Krause M.* Untersuchungen deutscher Seetange // Chem.-Ztg. 1919. Bd. 43. S. 97.
140. *Albinus B.* Dissertatio de Phosphoro liquido et solido. Oderam, typi Zeitelianis. Francofurti, 1688.
141. *Albrecht P.G.* Chemical study of several marine mollusks of the Pacific Coast // J. Biol. Chem. 1920–1921. Vol. 45. P. 395.
142. *Albrecht P.G.* Chemical study of several marine mollusks of the Pacific Coast // Ibid. 1923a. Vol. 56. P. 483.
143. *Albrecht P.G.* Chemical study of several marine mollusks of the Pacific Coast: The liver // Ibid. 1923b. Vol. 57. P. 789.
144. *Albu A., Neuberg C.* Physiologie und Pathologie des Mineralstoffwechsels. B.: Springer, 1906. 245 S.
145. *Allary E.* Analyses d'algues marines // Bull. Soc. chim. France. N.S. 1881. Vol. 35. P. 11.
146. *Allemand-Martin A.* Sur la valeur industrielle de la culture des éponges // C. r. Assoc. Franç. Av. Sci. (Rouen). 1921. Vol. 45. P. 692.
147. *Allen R.N.* Philippine black coral // Philipp. J. Sei. 1930. Vol. 41. P. 65.
148. *Allen W.E.* Remarks on surface distribution of marine plankton diatoms in the East Pacific // Science. 1926. Vol. 63. P. 96.
149. *Allison F.E.* Nitrogen fixation by living organisms. N.Y.: Little and Ives, 1932. 513 p.
150. *Almén A.* Analyse des Fleisches einiger Fische // Nova Acta Soc. Sci. Uppsal. 1877. Vol. extraord. ed. Pp. 1–59.
151. *Almquist H.J., Givens J.W.* Effects of common feed ingredients on the iodine content of hen eggs // Poult. Sci. 1935. Vol. 14. P. 182.
152. *Alsberg C.L.* Note on the proteins of the blood of *Limulus polyphemus* L. // J. Biol. Chem. 1914. Vol. 19. P. 77.

153. *Alsberg C.L., Clark W.M.* The solubility of O₂ in the serum of *Limulus polyphemus* L. and in solutions of pure *Limulus haemocyanin* // *Ibid.* 1914. Vol. 19. P. 503.
154. *Ancum F.* Bereitungsart der Iode // *Ann. Phys.* 1814. Bd. 46. S. 426.
155. *Anderson Th.* On the composition of seaweeds, and their use as manure // *Trans. Highlands Agr. Soc. Scott. Ser. 3.* 1855. Vol. 7. P. 349.
156. *Andersson J.G.* Über Cambrische und Silurische phosphatitführende Gesteine aus Schweden // *Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala.* 1894–1895. Vol. 2, no. 2. P. 133.
157. *Andersson J.G., Sahlbom N.* Sur la teneur en fluor des phosphorites suédoises // *Ibid.* 1899. Vol. 4. P. 79.
158. *Andrée K.* Über einige Vorkommen von Flußspat in Sedimenten // *Tschermäks Mitt.* 1909. Bd. 28. S. 535.
159. *Andrews E.A.* Notes on the body-cavity liquid of *Sipunculus Gouldii*, Pourtalès // *J. Hopkins Univ. Circ.* 1890. Vol. 9. P. 65.
160. *Annandale N.* Notes on the genera *Bullinus* and *Physa* in the Mediterranean Basin (*Mollusca Pulmonata*) // *Ind. J. Med. Res.* 1922. Vol. 10. P. 482.
161. *Anson M.L., Mirsky A.E.* On haem in nature // *J. Physiol.* 1925a. Vol. 60. P. 161.
162. *Anson M.L., Mirsky A.E.* On heliocorubin and its relation to haemoglobin // *Ibid.* 1925b. Vol. 60. P. 221.
163. *Appellöf J.J.A.* Die schalen von Sepia, Spirula und Nautilus: Studien über den Bau und das Wachstum // *Forhändl. vidensk. selsk. Kristiania*, 1893. Bd. 25(7). S. 1–106.
164. *Apstein C.* Das Süßwasserplankton. Kiel: Lipsius und Tischer, 1896. 200 S.
165. *Arfvedson J.A.* Untersuchungen einiger bei der Eisen-Grube von Utö vorkommenden Fossilien und einem darin gefundenen neuen feuerfesten Aklali // *Schweigger's J. Chem. Phys.* 1818. Bd. 22. S. 93.
166. *Arndt W.* Die Verwendung der Spongien in der Medizin // *Arch. Naturgesch. Abt. A.* 1924. Bd. 90. No. 8. S. 149.
167. *Arndt W.* Über die Zusammensetzung der Spongien. 1 // *Sitzungsber. Ges. naturforsch. Freunde Berlin.* 1926. No. 1/10. S. 63.
168. *Arndt W.* Über die Zusammensetzung der Spongien. 2 // *Ibid.* 1929. No. 1/3. S. 307.
169. *Arndt W.* Schwämme // *Die Rohstoffe des Tierreichs* / Ed. F. Pax und W. Arndt. B.: Barntreager, 1937. Bd. 1, Kap. 9, Lfg. 13. S. 1577–2000.
170. *Aron H., Gralka R.* Die anorganischen Bestandteile des Tierkörpers // *Carl Oppenheimer's Handbuch der Biochemie des Menschen und der Tiere.* Jena: Fischer, 1924. Bd. I. S. 1–32.
171. *Atkins W.R.G.* The phosphate content of fresh and salt waters in its relationship to the growth of the algal plankton // *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 1923. Vol. 13. P. 119.
172. *Atkins W.R.G.* The rapid estimation of the copper content of sea water // *Ibid.* 1933. Vol. 19, no. 1. P. 63.
173. *Atkins W.R.G., Wilson E.G.* The phosphorus and arsenic compounds of sea water // *Ibid.* 1927. Vol. 14, no. 8. P. 609.
174. *Atsuki K., Tomada Y.* The chemical constituents of *Laminaria* // *J. Soc. chem. Industr. Jap.* 1926. Vol. 29. P. 509.
175. *Atwater W.O.* Report of progress of an investigation of the chemical composition and economic values of fish and invertebrates used for food // *Rep. U.S. Comm. Fish.* 1883a. No. 8. P. 231.
176. *Atwater W.O.* Zur Chemie der Fische // *Ber. Dt. chem. Ges.* 1883b. Bd. 16. No. 3. S. 1839.
177. *Atwater W.O.* Tables illustrative of the nutritive value of fish // *Bull. U.S. Fish Comm.* 1884a. No.4. P. 203.
178. *Atwater W.O.* On the chemistry of fish // *Proc. Amer. Assoc. Adv. Sci.* 1884b. Vol. 33. P. 170.
179. *Atwater W.O.* Contributions to the knowledge of the chemical composition and food value of American fishes and invertebrates // *Rep. U.S. Comm. Fish.* 1885. No. 11. P. 433.
180. *Atwater W.O.* On the chemistry of fish. Pt. 1 (concluded). Analyses of specimens of American fish // *Amer. Chem. J.* 1888. Vol. 10. P. 1.
181. *Atwater W.O.* The chemical composition and nutritive values of food fishes and aquatic invertebrates // *Rep. U.S. Comm. Fish.* 1892. No. 16. P. 679.
182. *Atwater W.O., Bryant A.P.* The chemical composition of American food materials // *Bull. U.S. Off. Exp. Station. Wash.* 1899. P. 50.
183. *Atwater W.O., Woods C.D.* The chemical composition of American food materials // *Ibid.* 1896. P. 5.
184. *Azéma M., Pied H.* Recherche du vanadium dans le sang des Acidies // *C. r. Acad. sci.* 1930. Vol. 190, no. 3. P. 220.
185. *Baas-Becking L.G.M.* Iron-organisms // *Tijdschr. nederl. dierk. ver.* 1928. Vol. 3. P. 10.
186. *Baas-Becking L.G.M., Wayne-Gallier E.* Wall structure and mineralization in coralline algae // *J. Phys. Chem.* 1931. Vol. 35, no. 1. P. 467.

187. *Babička J.* La teneur de *Padina pavonia* de l'île de Rab en manganèse // Sitzungsber. Böhm. Ges. Wiss. Trida II. 1936. No. 5. S. 1–4.
188. *Babiy J.* Über das angeblich konstante Vorkommen von Iod in Zellkern // Ber. Dt. bot. Ges. 1913. Bd. 31. S. 35.
189. *Baehrach E.* Quelques observations sur la biologie des diatomées // C. r. Soc. biol. 1927. Vol. 97. P. 689.
190. *Bachrach E., Lefèvre M.* Disparition de la carapace siliceuse chez les diatomées // Ibid. 1928. Vol. 98. P. 1510.
191. *Bachrach E., Lefèvre M.* Contribution à l'étude de rôle du la silice chez les êtres vivants: Observations sur la biologie des diatomées // J. physiol. pathol. gén. 1929. Vol. 27. P. 241.
192. *Bachrach E., Pillet M.* Microincinération des diatomées sans carapace // C. r. Acad. sci. 1930. Vol. 190. P. 1442.
193. *Bagehi K.N., Ganguly H.D.* Arsenic in food // Ind. Med. Gaz. 1941. Vol. 76. P. 720.
194. *Baglioni S.* Vergleichende chemische Untersuchungen an den Muskeln, den elektrischen Organen und dem Blutserum von *Torpedo ocellata* // Beitr. Chem. Physiol. Pathol. 1906. Bd. 8. S. 456.
195. *Baglioni S.* Einige Daten zur Kenntnis der quantitativen Zusammensetzung verschiedener Körperflüssigkeiten von Seetieren: Fischen und einigen Wirbellosen // Ibid. 1907. Bd. 9. S. 50.
196. *Bähr O.* Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung der Rohware der deutscher Fischindustrie // Dt. Fisch Rund. 1935. Bd. 12. S. 271.
197. *Bailey J. W.* On the non-existence of polarizing silica in the organic kingdoms // Amer. J. Sci. Ser. 2. 1856. Vol. 21. P. 357.
198. *Balagtes A.N.* The chemical composition of Philippine fishes // Philipp. Agr. Rev. 1928. Vol. 17, no. 5. P. 253.
199. *Balard A.J.* Note pour servir à l'histoire naturelle de l'iode // Ann. Chim. (Phys.). Ser. 2. 1825. Vol. 28. P. 178.
200. *Balard A.J.* Mémoire sur une substance particulière contenue dans l'eau de la mer (le brôme) // Ibid. 1826. Vol. 32. P. 337.
201. *Balch D.M.* On the chemistry of certain algae of the Pacific Coast // J. Industr. Eng. Chem. 1909. Vol. 1. P. 777.
202. *Baldwin E.H.F.* Phosphagen // Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc. 1933. Vol. 8. P. 74.
203. *Baldwin E., Needham J.* Problems of nitrogen catabolism in invertebrates. 1. The Snail (*Helix pomatia*) // Biochem. J. 1934. Vol. 28, no. 2. P. 1372.
204. *Baldwin E., Yudkin W.H.* The annelid phosphagen: With a note on phosphagen in Echinodermata and Protochordata // Proc. Roy. Soc. London B. 1950. Vol. 136. P. 614.
205. *Balland A.* Composition et valeur des poissons, des crustacées et des mollusques // Ann. Hyg. Publ. 1898a. Vol. 41, no. 2. P. 17.
206. *Balland A.* Sur la composition des poissons des crustacées et mollusques // C.r. Acad. sci. 1898b. Vol. 126. P. 1728.
207. *Bang I.* Arsenikkommissionem // Urinens Fysiologiska Arsenikhalt. Lund: Ohlsson, 1919. Bd. 2. S. 3–56.
208. *Bang I.* Der physiologische Arsengehalt des Harns und damit zusammenhängende Fragen // Biochem. Ztschr. 1925. Bd. 165. S. 364.
209. *Barcroft J.* The respiratory function of the blood. Cambridge: Univ. press, 1928. Pt. 2. 200 p.
210. *Barcroft J., Barcroft H.* The blood pigment of *Arenicola* // Proc. Roy. Soc. London B. 1924. Vol. 96. P. 28.
211. *Barfurth D.* Über den Bau und die Thätigkeit der Gastropodenleber // Arch. mikrosk. Anat. 1883. Bd. 22. S. 473.
212. *Barini-Banchi G., Ridolfi G.* The utilization of a marine plant: *Zostera marina* // Chim. Industr. 1943. Vol. 19. P. 242.
213. *Barker L.F., Cohoe B.A.* Some considerations on proteid diet: With especial reference to its content in amide-nitrogen, melanoidin-nitrogen, diamino-nitrogen, and monamino-nitrogen // J. Biol. Chem. 1905. Vol. 1. P. 229.
214. *Barlow W.H.* Analyses of seaweeds // J. Biol. Agr. 1911. Vol. 17. P. 832.
215. *Barnes T.C.* The physiological effect of trihydrol in water // Proc. Nat. Acad. Sci. U.S. 1932. Vol. 18. P. 136.
216. *Barral B.* Methode reconnaître l'iode dans l'huile de foie de morue... // C. r. Acad. sci. 1877a. Vol. 84. P. 309.
217. *Barral B.* Methode pour reconnaître l'iode dans l'huile de foie de morue... // J. pharm. chim. Ser. 4. 1877b. Vol. 25. P. 481.

218. *Barrenscheen H.K., Beckh-Widmanstetter H.A.* Über bakterielle Reduktion organisch gebundene Phosphorsäure // *Biochem. Ztschr.* 1923. Bd. 140. S. 279–283.
219. *Barros M.-J.F. de.* De l'analyse comparative des os de diverses classes d'animaux // *J. chim. méd.* 1822. Vol. 4. P. 289.
220. *Bary A. de.* Untersuchungen über die Familie der Conjugaten. Leipzig; Förstner, 1858. 91 S.
221. *Bary A. de. Strasburger E.* *Acetabularia mediterranea* // *Bot. Ztg.* 1877. Bd. 35. S. 714.
222. *Bateman J.B.* The osmotic properties of medusae // *J. Exp. Biol.* 1932. Vol. 9. P. 124.
223. *Bateman J.B.* Osmotic and ionic regulation in the shore crab, *Carcinus moenas*, with notes on the blood concentrations of *Gammarus locusta* and *Ligia oceanica* // *Ibid.* 1933. Vol. 10. P. 355.
224. *Baudelot M.E.* Recherches sur la structure et la développement des écailles des poissons osseux // *Arch. zool. exp.* 1873. Vol. 2. Pp. 87–244, 429–480.
225. *Baudrimont E.* Analyses des cendres de *Zostera marina* // *J. pharm. chim. Ser. 3.* 1862. Vol. 42. P. 388.
226. *Baumherger J.P., Michaelis L.* The blood pigments of *Urechis caupo* // *Biol. Bull. Woods Hole.* 1931. Vol. 61, no. 3. P. 417.
227. *Baumert M.* Chemische Untersuchungen über die Respiration des Schlammpeizgers (*Cobitis fossilis*) // *Liebigs Ann.* 1853. Bd. 88. S. 1.
228. *Baumann E.A.G.* Über das normale Vorkommen von Jod im Thierkörper // *Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem.* 1895. Bd. 21. S. 319.
229. *Bavendamm W.* Die farblosen und roten Schwefelbakterien des Süß- und Salzwasser. Jena: Fischer, 1924. 156 S.
230. *Bavendamm W.* Die mikrobiologische Kalkfällung in der tropischen See // *Arch. Mikrobiol.* 1932. Bd. 3. S. 205.
231. *Baxter G.P., Thomas J.S.* A comparison of copper extracted from the blood of the horseshoe crab (*Limulus polyphemus*) with common copper // *J. Amer. Chem. Soc.* 1935. Vol. 57. P. 464.
232. *Beche Sir H.T. de la.* The geological observer. 2nd ed., rev. L.: Longman, Brown, Green and Longmans, 1853. 740 p.
233. *Beckmann E., Bark E.* Seetang als Ergänzungsfuttermittel // *Sitzungsber. preuss. Akad. Wiss. Ser. 2.* 1916. Bd. 69. S. 1009.
234. *Beevers C.A., McIntyre D.B.* The atomic structure of fluor-apatite and its relation to that of tooth and bone material // *Miner. Mag.* 1946. Vol. 27. P. 254.
235. *Begemann H.* Over de ademhalings functie van haemocyanine: Thèse. Utrecht, 1924. 96 p.
236. *Beharrell J.* Seaweed as a food for livestock // *Nature.* 1942. Vol. 149. P. 306.
237. *Bell C.E.* Chemical analysis of some North Carolina scallops // *Proc. Fla. Acad. Sci.* 1937. Vol. 2. P. 87.
238. *Bellion M.* Contribution à l'étude de l'hibernation chez les Invertébrés: Recherches expérimentales sur l'hibernation de l'Escargot (*Helix pomatia*, L.): Thèse sci. natur. Lyon, 1909. 139 p.
239. *Benecke W.* Über Culturbedingungen einiger Algen // *Bot. Ztg.* 1898. Bd. 56. S. 83.
240. *Beneden E.* De l'existence d'un appareil vasculaire à sang rouge dans quelque crustacés // *Zool. Anz.* 1880. Bd. 3. S. 35, 55.
241. *Benham W.B.* The blood of Magelona // *Quatr. J. Microsc. Sci.* 1897. Vol. 39. P. 1.
242. *Benjamin H.R., Hess A., Gross J.* The forms of magnesium in serum and milk // *J. Biol. Chem.* 1933. Vol. 103. P. 383.
243. *Berg R.* Das allgemeine Vorkommen von Gold in Nahrungsmitteln und Organen // *Biochem. Ztschr.* Bd. 198. S. 424.
244. *Bergh R.* Bidrag til en Monographi af Marseniaderne, en Familie af de gastræopode Mollusker // *Kgl. Dan. vidensk. selsk. skr. Naturvid.-math. afd.* 1853. Vol. 3. P. 243.
245. *Bergh R.S.* Der Organismus der Cilioflagellaten // *Morphol. Jb.* 1881. Bd. 7. S. 177.
246. *Bergman T.* Physical and chemical essays: Printed for G. Mudie, J. Fairbairn. Edinburgh, 1791. Vol. 3. 446 p.
247. *Bergmann W.* Comparative biochemical studies on the lipids of marine invertebrates, with special reference to the sterols // *J. Mar. Res.* 1949. Vol. 8. P. 137.
248. *Bergmann W., Johnson T.B.* Beiträge zur Chemie der Meerestiere. I. Untersuchungen an dem Schwamm *Microciana prolifera* // *Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem.* 1933. Bd. 222. S. 220.
249. *Bergstrand C.C.* Über die Anwendung des Tanges als Düngemittel // *Landw. Jb.* 1872. Bd. 12. S. 429.
250. *Berkeley C.* On the occurrence of manganese in the tube and tissues of *Mesochaetopterus taylori* Potts and in the tube of *Chaetopterus variopedatus* Renier // *Biochem. J.* 1922a. Vol. 16. P. 70.

251. *Berkeley C.* An organic constituent of the tube of *Mesochaetopterus taylori*, Potts // *J. Biol. Chem.* 1922b. Vol. 50. P. 113.
252. *Berkeley C.* The chemical composition of the crystalline style and of the gastric shield: With some new observations on the occurrence of the style ovidase // *Biol. Bull. Woods Hole.* 1935. Vol. 65. P. 107.
253. *Berrill N.J.* The Tunicata. L.: The Roy. Soc., 1950. 354 p.
254. *Bersa E.* Über das Vorkommen von kohlenensäuren Kalk in einer Gruppe von Schwefelbakterien // *Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien. Abt. 1.* 1920. Bd. 129. S. 231.
255. *Bert P.* Sur le sang de divers Invertébrés // *Mém. Soc. sci. phys. natur. Bordeaux.* 1867. Vol. 5. P. XXII.
256. *Bert P., Blanchard R.* Éléments de zoologie. P.: Masson, 1885. 692 p.
257. *Berthollet C.L.* Sur un acide retiré des substances animales, ou acide zoonique // *Ann. chim. (phys.). Ser. 1.* 1798. Vol. 26. P. 86.
258. *Bertolo P.* Sulla Iecitina esistente nelle uova del Riccio di mare // *Atti Accad. gioenia. Ser. 5.* 1912. Vol. 5, mem. 14. Pp. 1–6.
259. *Bertrand D.* Contribution à l'étude de la diffusion du molybdène chez les animaux // *Bull. Soc. chim. biol.* 1940. Vol. 22. Pp. 60–66.
260. *Bertrand D.* Sur la diffusion du vanadium chez les invertébrés et chez les vertébrés // *Ibid.* 1943a. Vol. 25. P. 36.
261. *Bertrand D.* La vanadium chez les Ascidies // *Ibid.* 1943b. Vol. 25. P. 39.
262. *Bertrand D.* Le molybdène et le cuivre dans la série animale // *Ibid.* 1943c. Vol. 25. P. 197.
263. *Bertrand D.* The biogeochemistry of vanadium. 2. Survey of contemporary knowledge of biogeochemistry // *Bull. Amer. Mus. Natur. Hist.* 1950. Vol. 94, no. 7. P. 407.
264. *Bertrand G.* Sur les rapports qui existent entre la constitution chimique des composés organiques et leur oxydabilité sous l'influence de la laccase // *C. r. Acad. sci.* 1896. Vol. 122. P. 1132.
265. *Bertrand G.* Résultats des compagnes scientifiques accompli sur son yacht par Albert I: Recherches sur l'existence normale de l'arsenic dans l'organisme // *Result. Camp. sci. Monaco.* 1903. Vol. 24. Pp. 1–27.
266. *Bertrand G.* Peut-on compter l'or parmi les éléments de la matière vivante? // *Bull. Soc. chim. France. Ser. 4.* 1932. Vol. 51. P. 564.
267. *Bertrand G., Agulhon H.* Sur la présence du bore dans la série animale // *C. r. Acad. sci.* 1913. Vol. 156. P. 732.
268. *Bertrand G., Agulhon H.* Dosage rapide de l'acide borique ou introduit dans les substances alimentaires // *Ibid.* 1914. Vol. 158. P. 201.
269. *Bertrand G., Mâcheboeuf M.* Sur la présence du nickel et du cobalt chez les animaux // *Ibid.* 1925a. Vol. 180. P. 1380.
270. *Bertrand G., Mâcheboeuf M.* Sur les proportions de cobalt contenues dans les organes des animaux // *Ibid.* 1925b. Vol. 180. P. 1993.
271. *Bertrand G., Medigreceanu F.* Recherches sur la présence et la répartition du manganèse dans les organes des animaux // *Ann. Inst. Pasteur.* 1913. Vol. 27. Pp. 1–11.
272. *Bertrand G., Perietzeanu J.* Sur la présence du sodium chez les plantes // *C. r. Acad. sci.* 1927a. Vol. 184. P. 645.
273. *Bertrand G., Perietzeanu J.* Sur les proportions relatives de potassium et de sodium chez les plantes // *Ibid.* 1927b. Vol. 184. P. 1616.
274. *Bertrand G., Perietzeanu J.* Sur la présence du sodium chez les plantes // *Bull. Soc. chim. France. Ser. 4.* 1927c. Vol. 41. P. 709.
275. *Bertrand G., Perietzeanu J.* Sur les proportions relatives de potassium et de sodium chez les plantes // *Ibid.* 1927d. Vol. 41. P. 1378.
276. *Bertrand G., Rosenblatt M.* Sur les proportions de potassium et de sodium contenues dans les algues marines // *Ibid.* Ser. 4. 1928. Vol. 43. P. 1133.
277. *Bertrand G., Vladesco R.* Sur les causes de variation de la teneur du zinc des animaux vertébrés. Influence d'âge // *C. r. Acad. sci.* 1921. Vol. 172. P. 768.
278. *Bertrand G., Vladesco R.* Sur l'intervention probable du zinc dans les phénomènes de fécondation chez les animaux vertébrés // *Bull. Soc. chim. France.* 1922. Vol. 31. P. 790.
279. *Bertrand G., Vladesco R.* The zinc content of certain invertebrate organisms // *Ibid.* 1923. Vol. 33. P. 341.
280. *Bertrand G., Voronca-Spirt M.* Recherches sur la présence et la répartition du titane chez les animaux // *Ann. Inst. Pasteur.* 1930. Vol. 45, no. 1. P. 102.
281. *Bertrand P.* Les Botryococcacées actuelles et fossiles et les conséquences de leur activité biologiques // *C. r. Soc. biol.* 1927. Vol. 96. P. 695–697.

282. *Berzelius J.J.* Extrait d'une lettre de M. Berzelius à M. Vauquelin, sur le fluide calcaire contenu dans les os et dans l'urine // Ann. chim. (phys.). Ser. 1. 1807. Vol. 61. P. 256.
283. *Berzelius J.J.* Recherches sur un nouveau corps minéral trouvé dans le soufre fabriqué à Fahlun // Ann. chim. (phys.). Ser. 2. 1818. Vol. 9. Pp. 160, 225, 337.
284. *Berzelius J.J.* Untersuchungen über die Fluss-Spathsäure und deren merkwürdigsten Verbindungen // Ann. Phys. 1824. Bd. 77. S. 169.
285. *Berzelius J.J.* Untersuchung eines neuen Minerals und einer darin enthaltenen zuvor unbekanntenen Erde // Ibid. 1829. Bd. 92. S. 385.
286. *Berzelius J.J., Hisinger W.* Cerium, nouveau métal trouvé dans une substance minérale de Bastenas en Suède, appelée Tungstein // Ann. chim. (phys.). 1804. Vol. 50. P. 245.
287. *Bethe A.* Ionendurchlässigkeit der Körperoberfläche von wirbellosen Tieren des Meeres als Ursache der Giftigkeit von Seewasser abnormer Zusammensetzung // Pflügers Arch. ges. Physiol. 1928. Bd. 221. S. 341.
288. *Bethe A., Berger E.* Variationen in Mineralbestand verschiedener Blutarten // Ibid. 1931. Bd. 227. S. 571.
289. *Beythien A.* Über die chemische Zusammensetzung und den Nährwerth verschiedener Fleischsorten // Ztschr. Untersuch. Nahr.- und Genussm. 1901. Bd. 4. S. 1.
290. *Bezold A. von.* Untersuchungen über die Vertheilung von Wasser, organischer Materie und anorganischen Verbindungen in Thierreiche // Ztschr. wiss. Zool. 1857. Bd. 8. S. 487.
291. *Bialaszewicz K.* (Sur la composition minérale des oeufs) // Trav. Inst. Nencki. 1926. Vol. 3. P. 4.
292. *Bialaszewicz K.* Contributions à l'étude de la composition minérale des cellules oeufs // Pubbl. Staz. zool. Napoli. 1927. Vol. 8. P. 355.
293. *Bialaszewicz K.* Studja porównawcze nad składem cieczy miedzyczastkowej komórek jajowych // Trav. Inst. Nencki. 1928. Vol. 4. P. 3; Acta biol. exp. Varsovie. 1928. Vol. 1, no. 2.
294. *Bialaszewicz K.* Contributions à l'étude de la composition minérale des liquides nourriciers chez les animaux marins // Arch. Intern. Physiol. 1933. Vol. 36. P. 41.
295. *Bialaszewicz K., Kupfer C.* De la composition minérale des muscles des animaux marins // Ibid. 1936. Vol. 42, no. 2. P. 398.
296. *Bibra E. von.* Chemische Untersuchungen über die Knochen und Zähne des Menschen und der Wirbelthiere, mit Rücksichtnahme auf ihre physiologische und pathologischen Verhältnisse. Schweinfurt: Kunstverlags, 1844. 435 S.
297. *Bibra E. von.* Hülftabellen zu Erkennung zoochemischer Substanzen. Erlangen, 1846.
298. *Bidder G.P.* The origin of sponge spicules // Nature. 1925. Vol. 115. P. 298.
299. *Biecheler B.* Sur la dinoflagellée à capsule perinucléaire *Plectodinium* n. gen. *nucleovolvatum* n. sp. et sur les relations des Peridinien avec les Radiolaires // C. r. Acad. sci. 1934. Vol. 198. P. 404.
300. *Biedermann W.* Über Bau und Entstehung der Molluskenschalen // Jena Ztschr. Naturwiss. 1902. Bd. 36. S. 1–164.
301. *Bills C.E.* The principal chemical researches on cod liver oil // Chem. Rev. 1926. Vol. 3. P. 425.
302. *Biot M.* Untersuchungen über die Luft in der Schwimmblase der Fische // Ann. Phys. 1807a. Bd. 54. S.4.
303. *Biot M.* Sur la nature de l'air contenu dans la vessie nataoire des poissons // Mém. Soc. Arcueil. 1807b. Vol. 1. P. 252.
304. *Birckner V.* The zinc content of some food products // J. Biol. Chem. 1919. Vol. 38. P. 191.
305. *Bird G.M., Haas P.* On the nature of the cell wall constituents of *Laminaria* spp. Mannuronic acid // Biochem. J. 1931. Vol. 25. P. 403.
306. *Bird M.* L'iode considéré comme un élément constituant de l'huile de foie de morue // J. pharm. chim. 1881. Vol. 5, no. 5. P. 369.
307. *Birge E., Juday C.* The inland lakes of Wisconsin: The plankton. Pt. I. Its quantity and chemical composition // Bull. Wis. Geol. Natur. Hist. Surv. 1922. Vol. 64. Pp. 1–222.
308. *Bischoff C.* Lehrbuch die chemische und physikalische Geologie. Bonn: Marcus, 1847. Bd. 1. 989 S.
309. *Bizio B.* Scoperta del principio purpureo nei due *Murex brandaris e trunculus*, Linn., e studio delle sue proprietà // Ann. Sci. Lomb. Veneto, 1833. Vol. 3. P. 346.
310. *Bizio B.* Scoperta del rame, altrechè nei murici, in varii altri generi e in varie altre specie di molluschi; ed investigazioni comprovanti l'origine e lo stato del menzionato metallo in quegli esseri // Ibid. 1834. Vol. 4. P. 81.
311. *Bizio G.* La diffusione lo stato fisiologico del rame nell' organismo animal-dichiarati per il primo du Bartolameo Bizio e Richiomoli in luce // Atti Ist. Veneto. 1879–1881. Vol. 6, no. 5. P. 433.

312. Bjerrum N.J., Unmack A. Elektrometrische Messungen mit Wasserstoffelektroden in Mischungen von Säuren und Basen mit Salzen; die Dissoziationskonstanten von Wasser, Phosphorsäure, Citronensäure und Glycin // Kgl. Dan. vidensk. selsk. skr. 1929. Bd. 9. No. 1. S. 208.
313. Black V.S. Changes in density, weight, chloride and swimbladder gas in the killifish, *Fundulus heteroclitus*, in fresh water and sea water // Biol. Bull. Woods Hole. 1948. Vol. 95. Pp. 83–93.
314. Black W.A.P. The seasonal variation in chemical constitution of some of the sublittoral seaweeds common to Scotland. Pt. I. *Laminaria cloustonii* // J. Soc. Chem. Industr. 1948a. Vol. 67. P. 165.
315. Black W.A.P. The seasonal variation in chemical constitution of some of the sublittoral seaweeds common to Scotland. Pt. II. *Laminaria digitata* // Ibid. 1948b. Vol. 67. P. 169.
316. Black W.A.P. The seasonal variation in chemical constitution of some of the sublittoral seaweeds common to Scotland. Pt. III. *Laminaria saccharina* and *Sacchoriza bulbosa* // Ibid. 1948c. Vol. 67. P. 172.
317. Black W.A.P. Seasonal variation in chemical composition of some of the littoral seaweeds common to Scotland. Pt. I. *Ascophyllum nodosum* // Ibid. 1948d. Vol. 67. P. 355.
318. Black W.A.P. The seasonal variation in chemical constitution of some of the littoral seaweeds common to Scotland. Pt. II. *Fucus serratus*, *Fucus vesiculosus*, *Fucus spiralis* and *Pelvetia canaliculata* // Ibid. 1949. Vol. 68. P. 183.
319. Bles E.J. Arcella: A study in cell physiology // Quart. J. Microsc. Sci. 1929. Vol. 72. P. 527.
320. Bley Y. Vergeblicher Versuch, das Kochsalz durch Schwefels und Kohlens, Kalk zu zersetzen // Trommsdorff. N.J. Pharm. 1832. Bd. 26. S. 291.
321. Bley Y. Chemische Untersuchung der Schwammsteine // J. Liebigs Ann. Chem. 1834. Bd. 12. S. 389.
322. Bleyer B. Zur Kenntnis des Iodes als biogenes Element // Biochem. Ztschr. 1926. Bd. 170. S. 265.
323. Blinks L.R. Protoplasmic potentials in *Halicystis* // J. Gen. Physiol. 1930. Vol. 13. P. 223.
324. Blinks L.R., Jacques A.G. The cell sap of *Halicystis* // Ibid. 1929. Vol. 13. P. 733.
325. Blochmann F. Untersuchungen über den Bau der Brachiopoden. Jena: Fischer, 1892. 124 S.
326. Blochmann F. Zur systematik und geographischen Verbeitung der Brachiopoden // Ztschr. wiss. Zool. 1908. Bd. 90. S. 596.
327. Bodansky M. Biochemical studies on marine organisms. II. The occurrence of zinc // J. Biol. Chem. 1920. Vol. 44. P. 399.
328. Bodansky M. La répartition du zinc dans l'organisme du poisson // C. r. Acad. Sci. 1922. Vol. 173. P. 790.
329. Bodmen R. Discussion, following W.F. Lowe's note on the presence of copper in oysters // Analyst. 1896. Vol. 21. P. 86.
330. Bödeker C. Über den Vanadin- und Titan-Gehalt in niederrheinischen Eisenerzen // Verh. naturhist. Verein. preuss. Rheinland. 1855. Bd. 12. S. 109.
331. Böttgild O.B. The shell structure of the mollusks // Kgl. Dan. vidensk. selsk. skr. Math.-Naturvid. Kl. 1930 Bd. 9. S. 231.
332. Boettger R. Vorkommen der Thallium // J. prakt. Chem. 1863. Bd. 40. S. 478.
333. Bogucki M. Recherches zur la régulation de la composition minérale du Sang chez L'Écrevisse (*Astacus fluviatilis*, L.) // Arch. Intern. Physiol. 1934. Vol. 38. P. 172.
334. Bohart R.M. Bibliography of marine bacteria // Publ. Puget Sd. Mar. (biol.) Station. 1927. Vol. 5. P. 309.
335. Bohr C. Sur la sécrétion de l'oxygène dans la vessie natatoire des poissons // C. r. Acad. Sci. 1892. Vol. 114. P. 1560.
336. Borden M.A. A study of the respiration and the function of haemoglobin in *Planorbis corneus* and *Arenicola marina* // J. Mar. Biol. Assoc. U.K.N.S. 1930. Vol. 17. P. 709.
337. Borei H. Über die Zusammensetzung der Körperflüssigkeiten von *Myxine glutinosa* L. // Ark. Zool. 1935. Bd. 28B. No. 3.
338. Borelli J.A. De motu animalium, pars primae: Editio nova. Hagae Comitum: P. Gosse, 1743. 228 p.
339. Borgert A. Die Tripyleen Radiolarien der Plankton-Expedition: Phaeodinidae, Caementellidae und Can-norrhaphidae // Ergebn. Plankton-Expedition Humboldt-Stiftung, 1909. Bd. 3. H. 7. S. 283–315.
340. Borrichius O. [Borch Olof]. Hermetis, aegyriorum et chemicorum sapientia ab Hermanni Conringii. Haniae: P. Hauboldi, 1674. 448 p.
341. Bortels H. Weitere Untersuchungen über die Bedeutung von Molybdän, Vanadium, Wolfram und anderen Erdschenstoffen für Stickstoffbindende und andere Mikroorganismen // Zbl. Bakteriologie. Abt. 2. 1936. Bd. 95. S. 193.
342. Bortels H. Über die Wirkung von Agar sowie Eisen, Molybdän, Mangan und anderen Spurenelementen in Stickstofffreier Nährlösung auf Azotobakter // Ibid. 1939. Bd. 100. S. 373.

343. *Bose A.C.* A modified method of estimating arsenic content of Indian foodstuffs // *Ind. J. Med. Res.* 1935. Vol. 22, no. 4. P. 697.
344. *Bosz G. du.* Zusammensetzung indischer Nahrungsmittel // *Ztschr. Untersuch. Nahr.- und Genussm.* 1910. Bd. 19. S. 747.
345. *Bottazzi F.* Ricerche chimico-fisico sui liquidi animali // *Rend. Accad. Lincei. Ser. 2.* 1908. Vol. 17, fasc. 1. Pp. 707, 792.
346. *Bottazzi F.* Das Cytoplasma und die Körpersäfte, in Hans Winterstein's Handbuch der vergleichenden Physiologie. Jena: Fischer, 1925. Bd. 1. 460 S.
347. *Boucharlat A.* Note sur l'empoisonnement par les moules // *Ann. Hyg. Publ. Ser. 1.* 1837. Vol. 17. P. 358.
348. *Boucher-Firly S.* Recherches biochimiques des Téléostées apodes // *Ann. Inst. océanogr. Monaco*, 1935. Vol. 15. P. 217.
349. *Bourcet P.* Recherche et dosage colorométrique de petite quantités iode dans les matières organiques // *C. r. Acad. Sci. Paris*, 1899. Vol. 128. P. 1120.
350. *Bourcet P.* De l'iode dans l'organisme, les orgines, son rôle, son élimination: Thèse Méd. Univ. de Paris. P., 1900. 125 p.
351. *Bournon J.L. de.* Traité de Minéralogie. L.: Phelps, 1808. Vol. 1. 349 p.
352. *Boury M.* Chimie marine industrielle // *Rappet. Comm. intern. Mer. Médit.* 1934. Vol. 8. P. 145.
353. *Boussingault J.B.* Sur l'existence de l'iode dans l'eau d'une saline de la province d'Antioquia // *Ann. chim. (phys.). Ser. 2.* 1825. Vol. 30. P. 91.
354. *Boussingault J.B.* Du fer contenu dans le sang et dans les aliments // *C. r. Acad. Sci. Paris.* 1872a. Vol. 74. P. 1353.
355. *Boussingault J.B.* Recherche du fer dans le sang d'un animal invertébré // *Ibid.* 1872b. Vol. 75. P. 173.
356. *Boutan L.* Production des perles chez les *Haliotis* // *Ibid.* 1898. Vol. 127. P. 828.
357. *Boutan L.* L'origine du sac perlier et le mode de formation des perles fines // *Ibid.* 1921. Vol. 173. P. 1021.
358. *Boutan L.* Nouvelle étude sur les perles naturelles et sur les perles de culture // *Ann. Sci. Natur. (Zool.). Ser. 10.* 1923. Vol. 6. Pp. 1–94.
359. *Bowier:* Analyse de la coralline de corse, *Fucus helminthocorton* // *Ann. chim. (phys.). Ser. 1.* 1791a. Vol. 9. P. 83.
360. *Bowier:* Analyse de la coralline, *Corollina officinalis*, de Linneus // *Ibid.* 1791b. Vol. 8. P. 308.
361. *Bowman J.H., Reith J.F.* Über die Jodbestimmung in Seefischen und Fischmehl // *Ztschr. anal. Chem.* 1933. Bd. 93. S. 102.
362. *Bowell E.W.* The microscopy of radulae // *J. Roy. Microsc. Soc.* 1928. Vol. 48. P. 161.
363. *Boycott A.E., Cameron G.R.* Manganese in foodstuffs // *Lancet.* 1930. No. 219. P. 959.
364. *Boysen-Jensen P.* Studies concerning the organic matter of the sea bottom // *Rep. Danish Biol. Station.* 1915. Vol. 32. P. 1.
365. *Braarud T., Foyrn B.* Beitrage zur Kenntniss des Stoffwechsels im Meere // *Avh. norske vidensk. acad. (Math.-Naturvid. Kl.).* 1930. No. 14. S. 1–24.
366. *Braconnot H.* Nouvelles recherches analytiques sur les Champignons // *Ann. Chim. (Phys.).* 1813. Vol. 87. P. 237.
367. *Braconnot H.* Analyse des Limaces // *Ibid.* 1846. Vol. 16. P. 313.
368. *Bradley H.C.* The occurrence of zinc in certain invertebrates // *Science.* 1904. Vol. 19. P. 196.
369. *Bradley H.C.* The occurrence of manganese in the freshwater clam // *Science. N.S.* 1907a. Vol. 25. P. 456.
370. *Bradley H.C.* Manganese: A normal element in the tissues of the freshwater clams, *Unio* and *Anodonta* // *J. Biol. Chem.* 1907b. Vol. 3. P. 151.
371. *Bradley H.C.* Manganese of the Lamellibranchs // *Biol. Bull. Woods. Hole.* 1910a. Vol. 19, no. 3. P. 161.
372. *Bradley H.C.* Manganese of the tissues of lower animals // *J. Biol. Chem.* 1910b. Vol. 8. P. 237.
373. *Brady H.B.* Report on the Foraminifera collected by H.M.S. Challenger during the years 1873–1876 // *Challenger Rep.* 1884. Vol. 9. Pp. 1–813.
374. *Brahme L.* Arsen in Blut und Cerebrospinalflüssigkeit. Stockholm: Norstedt, 1923. 240 S.
375. *Brand K.* Beiträge zur Kenntniss der chemischen Zusammensetzung des Planktons // *Wiss. Meeresuntersuch.* 1898. Bd. 3. S. 43.
376. *Brand T.F. von.* Stoffbestand und Ernährung einiger Polychäten und anderer mariner Würmer // *Ztschr. vergl. Physiol.* 1927. Bd. 5. No. 4. S. 643.
377. *Brand T.F. von.* Beitrag zur Kenntniss der Zusammensetzung des Fettes von *Fasciola hepatica* // *Ibid.* Bd. 8. No. 3/4. S. 613.
378. *Brand T.F. von.* Stoffbestand und Stoffwechsel von *Moniezia expansa* // *Zool. Anz. Suppl.* 1929. Bd. 4. S. 64.

379. *Brand T.F. von.* Der Jahreszyklus im Stoffbestand der Weinbergschnecke (*Helix pomatia*) // Ztschr. vergl. Physiol. 1931. Bd. 14. S. 200.
380. *Brand T.* Methods for the determination of nitrogen and carbon in small amounts of plankton // Biol. Bull. Woods Hole. 1935. Vol. 69. P. 221.
381. *Brandes R.* Chemische Untersuchungen vegetabilischer Substanzen // Trommsdorff. N.J. Pharm. 1818. Bd. 2. S. 55.
382. *Brandt G.* Dissertatio de semi-metallis // Acta lit. et sci. Sueciae. 1735. Vol. 4. P. 1.
383. *Brandt K.* Die Kolonichildenden Radiolarien des Golfes von Neapel // Fauna und Flora Neapel. 1885. Bd. 13. S. 60.
384. *Brandt K., Raben E.* Zur Kenntniss der chemischen Zusammensetzung des Planktons und einiger Bode-norganismen // Wiss. Meeresuntersuch. 1909–1922. Bd. 19. S. 175.
385. *Branner J.C.* The stone reefs of Brazil // Bull. Mus. Comp. Zool. Harv. 1901. Vol. 44. Pp. 4–285.
386. *Brasseur H., Dallemagne M.J., Mélon J.* Chemical nature of salts from bones and teeth and of tricalcium phosphate precipitates // Nature. 1946. Vol. 157. P. 453.
387. *Bray D.M.* Determination of calcite and aragonite in invertebrate shells // J. Roy. Soc. N.S.W. 1944. Vol. 78. P. 113.
388. *Brazier J.* Catalogue of marine shells of Australia and Tasmania. Pt. II. Pteropoda. Sydney: Austral. Museum, 1892. 74 p.
389. *Brenner W.* Züchtungsversuche einiger in Schlamm lebender Bakterien auf selenhaltigen Nährboden // J. wiss. Bot. 1916. Bd. 57. S. 95.
390. *Brewer A.K.* The abundance ratio of the isotopes of potassium in mineral and plant sources // J. Amer. Chem. Soc. 1936. Vol. 58. Pp. 365–370.
391. *Brieger F.* Über den Silicium-Stoffwechsel der Diatomeen // Ber. Dt. bot. Ges. 1924. Bd. 42. S. 347.
392. *Brindley M.D.H.* On the occurrence of oxyhaemoglobin in *Macrocorixa Geoffroyi*, Leach // Trans. Roy. Entomol. Soc. 1929. Vol. 77. P. 5.
393. *Brockmann Chr.* Diatomeen und Schlick im Jade-Gediet // Abh. Senckenberg. naturforsch. Ges. 1935. Bd. 430. S. 1–64.
394. *Bronn H.G.* Klassen und Ordnungen des Tierreichs: Fortgesetzt von Wilhelm Keferstein. Leipzig; Heidelberg, Winter, 1862–1866. Bd. 3: Malacozoa, Abt. 2. 1500 S.
395. *Brooks S.C.* Composition of the cell sap of *Halicystis ovalis* (Lyng.) Areschong // Proc. Soc. Exp. Biol. 1930. Vol. 27, no. 5. P. 408.
396. *Brüce J.R.* Changes in the chemical composition of the tissues of the herring in relation to age maturity // Biochem. J. 1924. Vol. 18, no. 1. P. 469.
397. *Brummerstädt.* Aschenanalyse von Hechtschuppen: Analyse der Eischale vom Alligator sclerops schn. (Brillen-Kaimar) // J. Liebigs Ann. Chem. 1855. Bd. 95. S. 375.
398. *Brussoff A.* Über ein Kieselbakterien // Arch. Mikrobiol. 1933. Bd. 4. No. 1. S. 1.
399. *Buch K.* On boric acid in the sea and its influence on the carbonic acid equilibrium // J. Cons. intern. explor. mer. 1933. Vol. 3, no. 3. P. 309.
400. *Buch K., Gripenberg S.* Jahreszeitlicher Verlauf der chemischen und biologischen Faktoren im Meerwasser bei Hangö im Jahre 1935 // Merentutkimuslait. Julk. 1938. No. 118. S. 1–26.
401. *Buchanan R.E., Fulmer E.I.* Physiology and biochemistry of bacteria: 3 vol. Baltimore: Williams and Wilkins, 1928.
402. *Bucholz C.F., Brandes R.* Analyse der Austerschalen (*Ostrea edulis*) // Trommsdorff. N.J. Pharm. 1817. Bd. 1. No. 2. S. 204.
403. *Buckland F.* Bestandtheile des Fleisches von Lachsen und Heringen im Vergleich zu dem von Rindfleisch // Arch. Pharm. 1874. Bd. 53. S. 178.
404. *Bütschli O.* Einige Beobachtungen über Kiesel und Kalknadeln von Spongien // Ztschr. wiss. Zool. 1901. Bd. 69. S. 235.
405. *Bütschli O.* Über die chemische Natur der Skelettsubstanz der Akantharia // Zool. Anz. 1906a. Bd. 30. S. 784.
406. *Bütschli O.* Über die Skelettnadeln der Kalkschwamme // Zbl. Miner. Geol. Paläontol. 1906b. Bd. 12.
407. *Bütschli O.* Chemische Natur der Skelettsubstanz des Podactinelius und der Acantharia überhaupt // Dt. Südpolar Exped. (1901–1903). Ser. 9 (Zool.). 1907. Bd. 1. S. 237–257.
408. *Bütschli O.* Untersuchung über organische Kalkgebilde nebst Bemerkungen über organische Kieselgebilde // Abh. Ges. Wiss. Göttingen. (Math.-Phys. Kl.). N.F. 1908. Bd. 6. No. 3. S. 1–177.
409. *Bugarszky S., Horvath B.* Determination of iodides and free iodine // Ztschr. anorg. Chem. 1909. Bd. 63. S. 184.

410. Buglia G., Constantino A. Der Extraktivstickstoff und der freie durch Formol Titrierbare Aminostickstoff in der Muskulatur verschiedener Tierarten // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1912. Bd. 82. S. 439.
411. Bull H.O. The relationship between state of naturity and chemical composition of the whiting, *Gadus merlangus* L. // J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 1928. Vol. 15. Pp. 207–218.
412. Bunge G. Über die Assimilation des Eisens // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1885a. Bd. 9. S. 49.
413. Bunge G. Analyse der anorganischen Bestandtheile des Muskels // Ibid. 1885b. Bd. 9. S. 60.
414. Bunge G. Über die Zusammensetzung des Knorpels von Haifisch // Ibid. 1899a. Bd. 28. S. 300.
415. Bunge G. Der Kochsalzgehalt des Knorpels und das biogenetische Grundgesetz // Ibid. 1899b. Bd. 28. S. 452.
416. Burd J.S. The economic value of Pacific Coast kelps // Bull. Calif. Agr. Exp. Station. 1915. No. 248. Pp. 183–215.
417. Burdel A. Contribution à l'étude des hémocyanines // Mém. Soc. Fribourg. Sci. natur. 1922. Vol. 1, fasc. 4. P. 195.
418. Burwash F.M. The iodine content of thyroid of two species of elasmobranchs and one species of teleost // Contrib. Canad. Biol. 1929. Vol. 4. P. 115.
419. Bușniță T., Gavrilesco N. Einige Angaden über Eieranalysen in Verbindung mit der Anpassung der Fische an verschiedenen salzhaltigen Umgebungen // Bull. Sect. sci. Acad. roum. 1932. Vol. 15, no. 9/10. P. 208.
420. Bussy A. Ueber Olyceum (Beryllium) und Magnium // J. chim. méd. 1828. P. 455.
421. Butler M.R. Comparison of the chemical composition of some marine algae // Plant Physiol. 1931. Vol. 6. P. 295.
422. Butler M.R. A note on the nitrogen of the polysaccharide complex from *Chondrus crispus* // Biochem. J. 1935. Vol. 29, no. 2. P. 1025.
423. Buttenberg P. Untersuchung von Kaviar // Ber. hyg. Inst. Nahr. Mitt. Kontr. Hamburg, 1900–1902. S. 13.
424. Buttenberg P. Über die Herstellung von borsäurefreien Krabben Konserven // Ztschr. Untersuch. Nahrung Genussm. 1908. Bd. 16. No. 1. S. 92.
425. Buttenberg P. Über Standaustem // Ibid. 1911. Bd. 22. No. 2. S. 81.
426. Buttenberg P., Noel L. Über Miesmuscheln und Miesmuschelzubereitungen // Ibid. 1918. Bd. 36. No. 2. S. 1.
427. Buxton P.A. Animal life in deserts. L.: Arnold, 1923. 176 p.
428. Cadet. Analyse de la soude de varech. P.: Hist. Acad. Roy. Sci., 1767. P. 487.
429. Călugăreanu D. Recherches chimiques et physico-chimiques sur le sang de l'Anodonte // Bull. Sect. sci. Acad. roum. 1914–1915. Vol. 3, no. 7. P. 216.
430. Cameron A.T. Contributions to the biochemistry of iodine. I. The distribution of iodine in plant and animal tissues // J. Biol. Chem. 1914. Vol. 18. P. 335.
431. Cameron A.T. Contributions to the biochemistry of iodine. II. The distribution of iodine in plant and animal tissues // Ibid. 1915a. Vol. 23. P. 1.
432. Cameron A.T. The iodine content of the marine flora and fauna in the neighborhood of Nanaimo, Vancouver Island, B.C. // Contrib. Canad. Biol. 1915b. P. 51.
433. Cameron A.T. The water and iodine contents of some Pacific Coast kelps // Ibid. 1916. P. 169.
434. Cameron A.T. Note on the relative chlorine, bromine and iodine content of the waters of the Strait of Georgia, B.C. // Contrib. Canad. Biol. N.S. 1922. Vol. 1. P. 73.
435. Cameron F.K. The keips of the United States and Alaska. (Appendix K) // Fertilizer resources of the United States: Senate documents, 62nd Congress, 2nd Session. Wash. (D.C.), 1911. Vol. 6. P. 130.
436. Cameron F.K. Potash from the Pacific kelps // J. Industr. Eng. Chem. 1912. Vol. 4. P. 76.
437. Camlong S., Genevois L. Sur la constitution minérale des chlorophycées marines. II // Bull. Soc. sci. Arcachon. Ser. 2. 1930. Vol. 27. P. 209.
438. Campbell J. Nonprotein nitrogenous constituents of fish and lobster muscle // J. Biol. Board. Canada. 1935. Vol. 1. P. 179.
439. Canestrini R., Parmigiani L. Gli otolithi dei pesci // Atti Accad. sci. ven.-trent.-istr. 1883. Vol. 8. P. 280.
440. Cannan R.K. Echinochrome // Biochem. J. 1927. Vol. 21. P. 184.
441. Cantacuzène J., Tschekirian A. Sur la présence de vanadium chez certains Tuniciers // C. r. Acad. sci. 1932. Vol. 195. P. 846.
442. Carazzi D. Contributo all'istologia e alla fisiologia dei Lamellibranchi. (2. Richerche sull'assorbimento del ferro nel *Ostrea edulis*, L.) // Intern. J. Anat. 1897. Vol. 14. P. 117.
443. Cardot H., Arvanitaki A. Solutions équilibrées pour le coeur des *Helix*, en rapport avec la composition de l'hémolymphe // C. r. Soc. biol. 1931. Vol. 106. P. 185.

444. *Carles P.* Le fluor dans les coquilles des mollusques // C. r. Acad. Sci. Paris, 1907a. Vol. 144. P. 437.
445. *Carles P.* Le fluor dans les coquilles des mollusques non marins // Ibid. 1907b. Vol. 144. P. 1240.
446. *Carnot A.* Recherche du fluor dans les os modernes et les os fossiles // Ibid. 1892. Vol. 144. P. 1189.
447. *Carnot A.* Nouvelle méthode pour le dosage du fluor // Ann. miner. Ser. 9. 1893. Vol. 3. P. 130.
448. *Carpenter W.B.* Report on the microscopic structure of shells. I // Rep. Brit. Assoc. 1844. P. 1.
449. *Carpenter W.B.* Report on the microscopic structure of shells. II // Ibid. 1847. P. 93.
450. *Carteni A., Aloj G.* Composizione chimica di animali marini del Golfo di Napoli. Nota I // Quadr. nutriz. 1934. Vol. 1. P. 49.
451. *Carteni A., Morelli A.* Recherche sulla costituzione chimica dei muscolidi alcuni animali marini // Ibid. 1934. Vol. 1. P. 185.
452. *Carteni A., Morelli A.* Recherche sulla costituzione chimica dei muscoli di alcuni animali marini // Ibid. 1937. Vol. 3. P. 127.
453. *Carter N.M.* The nutritive value of marine products // J. Biol. Board. Canada. 1936. Vol. 2, no. 5. P. 439.
454. *Carus G.* Von den äusseren Lebensbedingungen der weiss und kaltblutigen Tiere. Leipzig: Fleischer, 1824.
455. *Cassola F.* Su l'estrazione dell'Ioide dalla *Zostera oceanica*, Linn. // Atti Ist. sci. natur. Napoli. 1822. Vol. 3. P. 256.
456. *Cavalca L.* Le modificazioni del carbonato di calcio nelle conchiglie dei Lamellibranchii // Atti. Soc. ital. sci. natur. 1949. Vol. 88. Pp. 5–8.
457. *Cavendish H.* Three papers, containing experiments of factitious air // Philos. Trans. Roy. Soc. London, 1766. Vol. 56. P. 141.
458. *Cayeux L.* Introduction à l'étude pétrographique des roches sédimentaires. P.: Imprimerie Nat., 1916. 524 p.
459. *Cayeux L.* Hypothèse de l'origine végétale des phosphates de chaux paléozoïques // C. r. Acad. Sci. 1932. Vol. 196. P. 1564.
460. *Cesàro G.* Sur l'arrangement cristallin du test calcaire de la bélemnite, des oursins et de tige d'un crinoïde, fossiles du Crétacé de Glons // Mém. Soc. géol. Belg. 1898. Vol. 26. P. 73.
461. *Chaisson A.F.* The changes in the blood concentration of *Raja erinacea* produced by modification of the salinity of the external medium // Contrib. Canad. Biol. Fish. 1930. Vol. 5. P. 477.
462. *Challenger F.* The biological methylation of compounds of arsenic and selenium // J. Soc. Chem. Industr. 1945. Vol. 54. Pp. 657–662.
463. *Challenger F., Higginbottom C., Ellis L.* Formation of organo-metalloidal compounds by microorganisms. Pt. I. Tri-methyl arsine and di-methyl arsine // J. Chem. Soc. 1933. P. 95.
464. *Chalon J.* Herborisations à Banyules // Bull. Soc. bot. Belg. 1900. Vol. 39. P. 22.
465. *Champion P., Pellet H.* De la substitution équivalente des matières minérales qui entrent dans la composition des végétaux et des animaux // C. r. Acad. sci. 1876. Vol. 83. P. 465.
466. *Chancel F.* Cendres et cellulose dans les *Posidonia caulina* // Bull. Soc. chim. France. Ser. 3. 1899. Vol. 21. P. 740.
467. *Chapman A.C.* On the presence of compounds of arsenic in marine crustaceans and shell fish // Analyst. 1926. Vol. 51. P. 548.
468. *Chapman A.C.* Traces of metals in animal tissues // Nature. 1930. Vol. 126. P. 761.
469. *Chapman A.C., Linden H.* On the presence of lead and other metallic impurities in marine crustaceans and shell fish // Analyst. 1926. Vol. 51. P. 563.
470. *Chapman F.* On the mineralogical structure of the porcellanous Foraminifera // Ann. Meg. Natur. Hist. Ser. 7. 1904. Vol. 14. P. 310.
471. *Chatin A.* Existence de l'iode dans les plantes d'eau douce // C. r. Acad. sci. 1850a. Vol. 30. P. 352.
472. *Chatin A.* Recherches sur l'iode des eaux douces; de la présence de ce corps dans les plantes et les animaux terrestres // Ibid. 1850b. Vol. 31. P. 280.
473. *Chatin M.* Existence de l'iode dans l'air, les eaux, le sol et les produits alimentaires // Ann. météorol. France. 1859. Vol. 7. P. 50.
474. *Chatin A., Müntz A.* Étude chimique sur la nature et les causes du verdissement des huîtres // C. r. Acad. Sci. 1894. Vol. 118. P. 17.
475. *Chatin A., Müntz A.* Analyse des coquilles d'huîtres // Ibid. 1895. Vol. 120. Pp. 531, 1095.
476. *Chemin E.* Quelques précisions sur l'état d'iode chez *Falkenhergia doubletti* Sauv. // Bull. Soc. bot. France. 1928a. Vol. 75. P. 540.
477. *Chemin E.* Sur l'état de l'iode chez quelques floridées // Rev. gén. bot. 1928b. Vol. 40. P. 129.

478. *Chemin E.* Variations de l'iode chez une Floridée; *Trilliella intricata* Batt. // C. r. Acad. Sci. 1929. Vol. 188. P. 1624.
479. *Chemin E., Legendre R.* Observations sur l'existence de l'iode libre chez le *Falkenhergia doubletti* Sauv. // Ibid. 1926. Vol. 183. P. 904.
480. *Chevallier A., Cottreau E.* Essais historiques sur les métaux que l'on rencontre quelquefois dans les corps organisés // Ann. hyg. publ. 1849. Vol. 41. Pp. 124, 387.
481. *Chevreul M.E.* Expériences chimique sur le cartilage du *Squalus peregrinus* // Ann. Mus. hist. natur. 1811. Vol. 18. P. 136.
482. *Chevreul M.E.* (Analyses of bones ... of *Cadus morrhua*, *Astacus marinus*, *Cancer pagurus*) // Ann. gén. sic. phys. 1820. Vol. 4. P. 124.
483. *Chevreul M.E.* Über verschiedene Knochenarten // Schweigger's J. Chem. Phys. 1821. Bd. 32. No. 2. S. 495.
484. *Chittenden R.H.* On the chemical composition of the flesh of *Hippoglossus americanus* // Amer. J. Sci. Ser. 3. 1877. Vol. 13. P. 123.
485. *Cholodny N.* Über sogenannte Eisenorganismen und die Naumannschen Methoden der Eisenbakterienforschung // Ber. Dt. bot. Ges. 1928. Bd. 46. S. 317.
486. *Choudhury S.C., Basu U.P.* Copper content of foods // Ind. J. Med. Res. 1939. Vol. 26. P. 929.
487. *Chrysler H.L.* Amounts of bound and free water in an organic colloid at different degrees of hydration // Plant Physiol. 1934. Vol. 9, no. 1. P. 143.
488. *Church A.H.* Einige Pflanzenanalysen // Arch. Pharm. 1877. Bd. 210. S. 60.
489. *Church A.H.* Researches on turacin, an animal pigment containing copper // Philos. Trans. Roy. Soc. London, 1892. Vol. 183. P. 511.
490. *Churchill H.V., Bridges R.W., Rowley R.J.* Interference of phosphorus in the determination of fluorine // Industr. Eng. Chem. Anal. Ed. 1937. Vol. 9. P. 222.
491. *Clancey V.J.* The composition of sponges. I. The common bath sponge, *Hippospongia equina* // Biochem. J. 1926. Vol. 20, no. 2. P. 1186.
492. *Clark A.H.* On the inorganic constituents of the skeletons of two recent crinoids // Proc. U.S. Nat. Mus. 1911. Vol. 39. P. 487.
493. *Clark E.D., Almy L.H.* A chemical study of food fishes // J. Biol. Chem. 1918. Vol. 23. P. 483.
494. *Clark E.D., Clough R.W.* Chemical composition of fish and shellfish // Rep. U.S. Comm. Fish. (1925). 1926. App. 10. P. 502.
495. *Clark H.W., Adams G.O.* Iodine in water, food and urine // Amer. J. Publ. Health. 1929. Vol. 19. P. 898.
496. *Clarke F.W.* Geochemical evidence as to the early forms of life // J. Wash. Acad. Sci. 1916. Vol. 6. P. 603.
497. *Clarke F.W., Wheeler W.C.* The inorganic constituents of marine invertebrates // Prof. Pap. U.S. geol. Surv. 1922. No. 124. Pp. 1–62.
498. *Claus C.* Zur Kenntnis der Organisation und des feinen Baues der Deiphniden und verwandter Cladoceren // Ztschr. wiss. Zool. 1876. Bd. 27. S. 362.
499. *Clements F.W., Hutchinson R.C.* The ash constituent of Australian fish // Austral. J. Exp. Biol. Med. Sci. 1939. Vol. 17. P. 1.
500. *Clessin S.* Zur Molluskenfauna des bayrischen Waldes // Nachr. Bl. Dt. malakozool. Ges. 1877. Bd. 9. S. 39.
501. *Cleve P.T.* Ny fyndort för fosforitförande konglomerat // Aftonbladet (Stockholm). 1870. 5 juli.
502. *Clöez S.* Sur la composition chimique des valves de la *Lingule* // Institut. 1859. Vol. 27. P. 240.
503. *Closs K.* Über das Vorkommen des Iods in Meere und in Meeresorganismen // Arc. Math.-Naturwiss. 1931. Bd. 40. No. 5. S. 1–150.
504. *Cockerell T.D.A.* Siliceous shells of protozoa // Nature. 1930. Vol. 125. P. 975.
505. *Cohn F.* Über die Fabrication von Iod und Brom aus Seetang // Jber. schles. Ges. vaterl. Kult. 1877. Bd. 55. S. 142.
506. *Cohn F.* Ueber Entstehung von Kalk- und Kieselgestein durch Vermittelung von Algen // Ibid. 1892. Bd. 70. No. 2. S. 77.
507. *Coindet Ch.* Découverte d'un nouveau remède contre le goître // Ann. chim. (phys.). Ser. 2. 1820. Vol. 15. P. 49.
508. *Colla S.* Sui gas contenuti in alcune alghe brune // Rend. Accad. Lincei. (Cl. Sci. fis.-mat. e natur.). Ser. 6a. 1931. Vol. 13. P. 232.
509. *Collander R.* Permeabilitätsstudien an *Chara ceratophylla*. I. Die normale Zusammensetzung des Zellsaftes // Acta bot. fenn. 1930. Vol. 6. P. 1.

510. *Collip J.B.* Studies on molluscan celomic fluid. Effect of change in environment on the carbon dioxide content of the celomic fluid. Anaerobic respiration in *Mya arenaria* // *J. Biol. Chem.* 1920. Vol. 45. P. 23.
511. *Conant J.B., Chow B.F., Schoenbach E.B.* The oxidation of haemocyanin // *Ibid.* 1933. Vol. 101. P. 463.
512. *Conant J.B., Dersch F., Mydans W.E.* The prosthetic group of *Limulus* hemocyanin // *Ibid.* 1934. Vol. 107. P. 755.
513. *Conant J.B., Humphry W.G.* The nature of the prosthetic group in *Limulus* hemocyanin // *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.* 1930. Vol. 16. P. 543.
514. *Configliachi P.* Memoria sull'analisi dell'aria contenuta nella vescica natatoria dei Pesci // *Brugnatelli G. fis. chim. storia. nat. med. art.* 1809. Vol. 2. Pp. 347, 381, 477.
515. *Connecticut State Agricultural Experiment Station.* Rockweed and sponge // *Rep. Conn. Agr. Exp. Station.* 1890. P. 71.
516. *Conway E.J.* Mean geochemical data in relation to oceanic evolution // *Proc. Roy. Irish. Acad. B.* 1942. Vol. 48. P. 119.
517. *Conway E.J.* Chemical evolution of the ocean // *Ibid.* 1943. Vol. 48B. P. 161.
518. *Conway E.J.* The physiological significance of inorganic levels in the internal medium of animals // *Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc.* 1945. Vol. 20. P. 56.
519. *Cook F.C.* The chemical composition of some Gorgonian corals // *Amer. J. Physiol.* 1905. Vol. 12. P. 95.
520. *Cooper L.H.N.* The determination of phosphorus and nitrogen in plankton // *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 1932. Vol. 19, no. 2. P. 755.
521. *Cooper L.H.N.* A note on manganese in marine plankton // *Ibid.* 1935a. Vol. 20. P. 201.
522. *Cooper L.H.N.* The rate of liberation of phosphate in sea-water by the breakdown of plankton organisms // *Ibid.* 1935b. Vol. 20, no. 2. P. 197.
523. *Cooper L.H.N.* Iron in the sea and marine plankton // *Proc. Roy. Soc. London B.* 1935c. Vol. 118, no. 810. P. 419.
524. *Cooper L.H.N.* On the ratio of nitrogen to phosphorus in the sea // *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 1937a. Vol. 22. P. 177.
525. *Cooper L.H.N.* Determination of the phosphorus and nitrogen in *Coscinodiscus excentricus* Ehr. // *Ibid.* 1937b. Vol. 22. P. 342.
526. *Cooper L.H.N.* Phosphorus, nitrogen, iron and manganese in marine zooplankton // *Ibid.* 1939. Vol. 23. P. 387.
527. *Cooper W.C., Blinks Jr., Blinks L.R.* The cell-sap of *Valonia* and *Halicystis* // *Science.* 1928. Vol. 2. P. 164.
528. *Corenwinder B.* Analyse du varech nageur ou raisin du tropique (*Sargassum bacciferum*) // *C. r. Acad. sci.* 1865. Vol. 60. P. 1247.
529. *Cornec E.* Étude Spectrographique des cendres de plantes marines // *Ibid.* 1919. Vol. 168. P. 513.
530. *Cornish V., Kendall P.F.* On the mineralogical constitution of calcareous organisms // *Geol. Mag.* 1888. Vol. 5. P. 66.
531. *Correns C.W.* Globigerinenschlamm, Roter Ton und Blauschlick // *Naturwissenschaften.* 1937. Bd. 26. No. 3. S. 196.
532. *Corsini A.* Ueber die sogenannten "Schwefelkörnchen", die man bei der Familie der "Beggiatoaceae" antrifft // *Zbl. Bakteriol. Ser. 2.* 1905. Bd. 14. S. 272.
533. *Cotte H.J.* Notes biologiques sur le *Suberites domuncula*: Thèse Fac. méd. P., 1901.
534. *Cotte H.J.* Sur la présence du manganèse et du fer chez les sponges // *C. r. Soc. biol.* 1903. Vol. 55. P. 139.
535. *Coulson E.J.* Studies on the nutritive value of oysters // *Invest. Rep. U.S. Bur. Fish.* 1933. No. 17. Pp. 1–30.
536. *Coulson E.J.* The iodine content of oysters // *Ibid.* 1934. No. 18. Pp. 1–10.
537. *Coulson E.J.* Chemical composition of conch meat // *Spec. Mem. U.S. Bur. Fish.* 1935a. No. 2065-B.
538. *Coulson E.J.* The iodine content of some American fishery products // *Invest. Rep. U.S. Bur. Fish.* 1935b. No. 25.
539. *Coulson E.J., Remington R.E., Levine H.* Oysters and anemia // *Amer. J. Publ. Health.* 1932. Vol. 22. P. 1141.
540. *Coupin H.* Sur l'origine de la carapace siliceuse des Diatomées // *C. r. Acad. sci.* 1922. Vol. 175. P. 1226.
541. *Courtois B.* Découverte d'une substance nouvelle dans le vareck // *Ann. chim. (phys.). Ser. 1.* 1813. Vol. 88. P. 304.
542. *Couvreur E.* Note sur le sang de l'escargot // *C. r. Soc. biol.* 1900. Vol. 52. P. 395.
543. *Couvreur E.* Sur le sang des mollusques gastéropodes marins // *Ibid.* 1902. Vol. 54. P. 1251.
544. *Cox H.E.* On certain new methods for the determination of small quantities of arsenic and its occurrence in urine and in fish // *Analyst.* 1925. Vol. 50. P. 3.

545. *Craifaleanu A.D.* (Haemocyanin. I. Crystallization of Oxyhaemocyanin) // *Boll. Soc. Natur. Napoli.* 1918. Vol. 31. P. 88.
546. *Crescitelli F.* Absorption spectra of the blood of *Eudistylia gigantea* and of the pigment in the red corpuscles of *Cucumaria miniata* and *Molpadia intermedia* // *Biol. Bull. Woods Hole.* 1945. Vol. 88. P. 30.
547. *Cronstedt A.F.* Med en malm-art, fran los kobolt grufkor i farila socken och Helsingeland // *Kgl. sven. vetensk. akad. handl.* 1751. Bd. 12. S. 287.
548. *Croockewit J.H.* Ueber die Zusammensetzung des Badeschwammes // *J. Liebigs Ann. Chem.* 1843a. Bd. 48. S. 43.
549. *Croockewit J.H.* Zamenstellung van Spons // *Onderz. Lab. physiol. Scheik.* 1843b. Bd. 2. S. 1.
550. *Crookes W.* On the existence of a new element, probably of the sulphur group // *Chem. News.* 1861. Vol. 3. P. 193.
551. *Crookes W.* The Bakerian lecture: On radiant matter spectroscopy. The detection and wide distribution of yttrium // *Philos. Trans. Roy. Soc. London,* 1883. Vol. 174. P. 891.
552. *Crooks G.C., Ritchie W.S.* Seasonal variation in chemical composition of common haddock // *Food Res.* 1939. Vol. 4. P. 159.
553. *Crozier W.J.* Intracellular acidity in *Valonia* // *J. Gen. Physiol.* 1919. Vol. 1. P. 581.
554. *Crozier W.J.* Correspondence of skin pigments in related species of nudibranchs // *Ibid.* 1922. Vol. 4. P. 303.
555. *Cuénot L.* Études sur le sang et les glandes lymphatiques dans la série animale // *Arch. zool. exp. gén.* Ser. 2. 1891. Vol. 9. P. 13.
556. *Cuénot L.* La valeur respiratoire du liquide cavitaire chez quelques invertébrés // *Trav. Lab. Soc. sci. Arcachon.* 1900–1901. P. 107.
557. *Cuniassse L.* Analyse von Meeralgeln // *Chem. Zbl.* 1900. Bd. 2. S. 286.
558. *Cunningham J.* Some biochemical and physiological aspects of copper in animal nutrition // *Biochem. J.* 1931. Vol. 25. P. 1267.
559. *Curie P., Bémont M.S., Bémont G.* Sur une nouvelle substance fortement radioactive, contenue dans la pechblende // *C. r. Acad. sci.* 1898. Vol. 127. P. 1215.
560. *Cushman J.A.* Foraminifera, their classification and economic use. 3rd ed. Cambridge (Mass.): Harvard Univ. press, 1940. 535 p.
561. *Cushny A.R.* The distribution of iron in the invertebrates // *Science.* 1896. Vol. 3. P. 110.
562. *Cuzent G.* Empoisonnement par des huîtres draguées sur un banc voisin d'une mine de cuivre; constatation de la présence du métal dans ces mollusques // *C. r. Acad. sci.* 1863a. Vol. 56. P. 402.
563. *Cuzent G.* Del rame nelle ostriche // *Sperimentale.* 1863b. Vol. 12. P. 61.
564. *Dailey M.E., Fremont-Smith F., Carroll M.P.* The relative composition of sea-water and of blood of *Limulus polyphemus* // *J. Biol. Chem.* 1931. Vol. 93. P. 17.
565. *Dakin W.J.* Migrations and productivity in the sea // *Austral. Zool.* 1931. Vol. 7, no. 1. P. 15.
566. *Dalcq A.* Physiologie de l'oeuf en maturation // *Arch. Biol.* 1923. Vol. 33. P. 79.
567. *Dallemagne M.J., Mélon J.* La localisation de l'apatite et du phosphate tricalcique dans l'émail dentaire // *Ibid.* 1946a. Vol. 57. P. 79.
568. *Dallemagne M.J., Mélon J.* Nouvelles recherches relatives aux propriétés, optique de l'os; la biréfringence de l'os minéralisé; relations entre les fractions organiques et inorganiques de l'os // *J. Wash. Acad. Sci.* 1946b. Vol. 36. P. 181.
569. *Daly R.A.* Some chemical conditions in the pre-Cambrian ocean // *C. r. XI Congr. géol. intern. Stockholm,* 1910. Vol. 1. P. 503.
570. *Damant G.C.C.* Storage of oxygen in the bladders of the seaweed, *Ascophyllum nodosum*, and their adaptation to hydrostatic pressure // *J. Exp. Biol.* 1937. Vol. 14. Pp. 198–209.
571. *Damour A.* Note sur la composition chimique des millépores et de quelques corallinées // *C. r. Acad. sci.* 1851. Vol. 32. P. 253.
572. *Dangeard P.* Notes au sujet de l'émission d'iode libre par les algues // *Bull. Soc. bot. France.* 1928a. Vol. 75. P. 509.
573. *Dangeard P.* Contribution à la connaissance du cycle de l'iode chez les algues marines // *Botaniste.* Ser. 3. 1928b. Vol. 20. P. 69.
574. *Dangeard P.* Nouvelles recherches sur les échanges d'iode des algues marines // *Botaniste.* 1931. Vol. 23. P. 196.
575. *Daniel E.P., McCollum E.V.* Studies on the nutritive value of fish meals // *Invest. Rep. U.S. Bur. Fish.* 1931. No. 2. Pp. 1–19.

576. *Daniel R.J.* Seasonal changes in the chemical composition of the mussel (*Mytilus edulis*) // Rep. Lancs. Sea-Fish. Lab. 1920. No. 29. P. 74.
577. *Daniel R.J.* Seasonal changes in the chemical composition of the mussel (*Mytilus edulis*) // Ibid. 1921. No. 30. P. 205.
578. *Daniel R.J., Doran W.* Some chemical constituents of the mussel (*Mytilus edulis*) // Biochem. J. 1926. Vol. 20. P. 676.
579. *Danin Z.* Sul contenuto gassoso dei cenobii di *Rivularia polyotis* // Rend. Accad. Lincei. 1932. Vol. 15. P. 317.
580. *Danin Z.* Recherche sul contenuto gassoso di alcune alghe. Sui gas contenuti in *Enteromorpha compressa* J Ag // Ibid. 1932. Vol. 15. P. 831.
581. *Darwin Ch.* The formation of vegetable mould through the action of worms, with observations on their habits. N.Y.: Appleton, 1882. 326 p.
582. *Dastré A.* Fonction martiale du foie chez les vertébrés et les invertébrés // C. r. Acad. sci. 1898. Vol. 126. P. 376.
583. *Dastré A., Florescu N.* Fonction martiale du foie chez tous les animaux en général // Arch. physiol. norm. pathol. 1898. Vol. 10. P. 176.
584. *Davidson F.A., Shostrom O.E.* Physical and chemical changes in the pink salmon during the spawning migration // Invest. Rep. U.S. Bur. Fish. 1936. No. 33. Pp. 1–37.
585. *Davidson W.* On the removal of the bitter taste and lichenous odour of Iceland Moss // Edinburgh New Philos. J. 1840. Vol. 28. P. 260.
586. *Davy H.* The Bakerian lecture, on some new phenomena of chemical changes produced by electricity, particularly the decomposition of the fixed alkalies, and the exhibition of the new substances which constitute their bases; and on the general nature of alkaline bodies // Philos. Trans. Roy. Soc. London. 1808a. Vol. 98. P. 1.
587. *Davy H.* Electro-chemical researches, on the decomposition of the earths; with observations on the metals obtained from the alkaline earths, and on the amalgam procured from ammonia // Ibid. 1808b. Vol. 98. P. 333.
588. *Davy H.* Some experiments and observations on a new substance which becomes a violet-coloured gas by heat // Ibid. 1814a. P. 74.
589. *Davy H.* Further experiments and observations on iodine // Ibid. 1814b. P. 487.
590. *Davy H.* On the urinary organs and secretions of some of the amphibia // Ibid. 1818. Vol. 108. P. 303.
591. *Davy H.* An account of some experiments and observations on the Torpedo (*Raia torpedo*, Linn.) // Ibid. 1832. Vol. 122, no. 2. P. 259.
592. *Dawson A.B.* Supravital studies on the colored corpuscles of several marine invertebrates // Biol. Bull. Woods Hole. 1933. Vol. 64. P. 233.
593. *Dean B.* A bibliography of fishes / Ed. by C.R. Eastman. N.Y.: Amer. Mus. of Natur. Hist., 1916. Vol. I. 718 p.; Vol. II. 702 p.
594. *Dean B.* A bibliography of fishes / Ed. by E.W. Gudger and A.W. Henn. N.Y.: Amer. Mus. of Natur. Hist., 1923. Vol. III. 707 p.
595. *Deecke W.* Die Fossilisation. B.: Borntraeger, 1923. 216 S.
596. *Deevey G.B.* The blood cells of the Haitian tarantula and relation to the moulting cycle // J. Morphol. 1941. Vol. 68. P. 457.
597. *Déflandre G.* Les flagellés fossiles // Actual. sci. industr. 1936. No. 335. Pp. 3–97.
598. *Deksbach N.K.* Ueber die chemische Zusammensetzung der *Dreissena* [*Dreissensia*] polymorphaschale // Arch. Hydrobiol. Plankton. 1931. Bd. 22. S. 475.
599. *Delachanal B., Mermet A.* Sur un calcul intestinal d'esturgeon // C. r. Acad. sci. 1874. Vol. 78. P. 1859.
600. *Delaroche F.* Sur la vessie aérienne des poissons // Bull. Soc. philom. 1809. Vol. 4. P. 409.
601. *Delauney H.* L'excrétion azotée des invertébrés // Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc. 1931. Vol. 6. P. 265.
602. *Delezenne C.* Le zinc constituant cellulaire de l'organisme animal: Sa présence et son rôle dans le venin des serpents: Thesis. P., 1919. 73 p.
603. *Delff Ch.* Beiträge zur Kenntnis des chemischen Zusammensetzung wirbelloser Meerestiere // Wiss. Meeresuntersuch. N.F. 1912. Bd. 14. S. 53.
604. *DeLuca S., Panceri P.* Recherches sur la salive et sur les organes salivaires du *Dolium galea* // C. r. Acad. sci. 1867a. Vol. 65. P. 577.
605. *DeLuca S., Panceri P.* Same title and periodical // Ibid. 1867b. Vol. 65. P. 712.
606. *Demarçay E.* Sur la présence dans les végétaux du vanadium, du molybdène du chrome // Ibid. 1900. Vol. 130. P. 91.

607. *Dendy A.* On the occurrence of gelatinous spicules and their mode of origin in a new genus of siliceous sponges // Proc. Roy. Soc. London B. 1917. Vol. 89. P. 315.
608. *Denigés G.* Action de l'iode sur les eaux marines // C. r. Acad. sci. 1932. Vol. 195. P. 669.
609. *Denis W.* Metabolism studies on cold-blooded animals. I. The urine of the fish // J. Biol. Chem. 1912. Vol. 13. P. 225.
610. *Derrien Y.* Répartition du chlorure de sodium et du glucose entre le plasma sanguin et le corps vitré de *Lophins piscatorius L.* // C. r. Acad. sci. 1937. Vol. 126. P. 943.
611. *Desgrez A., Meunier J.* Recherche et dosage du strontium dans l'eau de mer // Ibid. 1926. Vol. 183. P. 689.
612. *Désormes J.B., Clément F.* (...une substance ... découverte dans les cendres de vareck...) // Monit. univ. 1813. No. 336. P. 1544.
613. *Devaputra D., Thompson T.G., Utterback C.L.* The radioactivity of sea-water // J. Cons. intern. explor. mer. 1932. Vol. 7, no. 3. P. 358.
614. *Dey B.B., Krishnan P.S., Giriraj M.* Iodine contents of the thyroid glands of sharks // J. Sci. Industr. Res. Ind. 1945. Vol. 4. P. 244.
615. *Dhéré C.* Le cuivre hématique et la capacité respiratoire de l'hémocyanine // C. r. Soc. biol. 1900. Vol. 52. P. 458.
616. *Dhéré C.* Quelques nouveaux documents concernant le cuivre hématique des invertébrés et la capacité respiratoire de l'hémocyanine // Ibid. 1903. Vol. 55. P. 1161.
617. *Dhéré C.* Recherches spectrographiques sur l'absorption des rayons ultraviolets par les albuminoïdes, les protéïdes, et leurs dérivés: Thèse Fac. Sci. P., 1909. 142 p.
618. *Dhéré C.* Recherches sur l'hémocyanine. I. Teneur en cuivre et capacité respiratoire des sangs hémocyaniques // J. physiol. pathol. gén. 1919a. Vol. 18. P. 221.
619. *Dhéré C.* Recherches sur l'hémocyanine. II. Cristallisation de l'hémocyanine // Ibid. 1919b. Vol. 18. P. 503.
620. *Dhéré C.* Recherches sur l'hémocyanine. V. Spectre d'absorption ultraviolet de l'oxyhémocyanine // Ibid. 1919c. Vol. 18. P. 1081.
621. *Dhéré C., Baumeler C.* Sur la porphyrine tégumentaire de l'*Arion empiricorum* // C. r. Soc. biol. 1928. Vol. 99, no. 26. P. 726.
622. *Dhéré C., Baumeler C.* Recherches sur la "rufescine" pigment de la coquille de l'*Haliotis rufescens* // Arch. Intern. Physiol. 1930. Vol. 32, no. 1. P. 55.
623. *Dhéré C., Fontaine M.* Recherches spectrochimiques (absorption et fluorescence) sur la bonelline, pigment tégumentaire de la *Bonellia viridis* // Ann. Inst. océanogr. Monaco. Ser. 2. 1932. Vol. 12. P. 349.
624. *Dick A.B.* On needles of rutil in the test of *Bathysiphon argenteus* // Trans. Edinburgh. Geol. Soc. 1928. Vol. 12. P. 19.
625. *Dickie G.* Notice of the occurrence of *Gelidium rostratum* (Harv.) at Aberdeen, with remarks; and of the presence of Iodine in some plants growing near the Sea (1842) // Trans. Bot. Soc. Edinburgh. 1844. Vol. 1. P. 165.
626. *Diderot D.* Oeuvres complètes de Diderot / Ed. by J. Assézat. P.: Garnier Frères, 1875. Vol. 6. 478 p.; Vol. 9. 485 p.
627. *Dieulafait L.* La Strontiane, sa diffusion dans la nature minérale // C. r. Acad. sci. 1877. Vol. 84. P. 1303.
628. *Dill D.B.* A chemical study of certain Pacific Coast fishes // J. Biol. Chem. 1921a. Vol. 48. P. 73.
629. *Dill D.B.* A chemical study of the California sardine (*Sardinia coerulea*) // Ibid. 1921b. Vol. 48. P. 93.
630. *Dill D.B.* A comparative study of the chemical composition of the sardine (*Sardinia coerulea*) from California and British Columbia // Ecology. 1926. Vol. 7. P. 221.
631. *Dillon T.* Iodine liberation from Laminariae // Nature. 1929. Vol. 123. P. 161.
632. *Dittmar W.* Report on researches into the composition of ocean-water, collected by H.M.S. Challenger, 1873–1876 // In: Physics and chemistry. L., 1884. Vol. 1. Pp. 1–251. (Challenger Rep.)
633. *Dixit S.C.* A note on the percentage of iodine in certain algae // J. Ind. Chem. Soc. 1930. Vol. 7, no. 12. P. 959.
634. *D'Orbigny A.D.* Tableau methodique de la classe des Cephalopodes // Ann. sci. natur. (Zool.). 1826. Vol. 7. P. 245.
635. *Döring A.* Bemerkungen über die Bedeutung und Untersuchungen über chemische Zusammensetzung der Pulmonaten-Schale: Inaug. Diss. Cöttingen, 1872. 41 S.
636. *Doherty W.* Seaweed as a source of iodine // Chem. Eng. Miner. Rev. 1918. Vol. 11. P. 53.
637. *Dohrn H.* Analecta ad historiam naturalem *Astaci fluviatilis*: Inaug. Diss. B., 1861. 30 S.
638. *Dolk H.E., Paauw F. van der.* Die Bedeutung des Haemoglobins für die Atmung des Regenwurms // Tijdschr. nederl. dierk. Ver. Ser. 3. 1929. Bd. 1, afl. 3. S. 118.

639. Donat A. Die Vegetation unserer Seen und die "biologischen Seentypen" // Ber. Dt. bot. Ges. 1926. Bd. 44. S. 48.
640. Dorff P. Die Eisenorganismen, Systematik und Morphologie. I, II: Inaug. Diss. Jena, 1934.
641. Dorn E. Sur les rayons du radium // C. r. Acad. sci. 1900. Vol. 130. P. 1126.
642. Dorvault F.L.M. Iodognosie, ou monographie chimique, médicale et pharmaceutique des iodiques en général et en particulier de l'iode et de l'iodure de potassium. P.: Labé, 1850. 274 p.
643. Dorvault F.L.M. Iodognosie oder chemisch-medicinisch-pharmaceutisch. Monographie des Iods und seiner wichtigsten Verbindungen, namentlich des Iod Kaliums. Grimma: Verlags-Comptoir, 1852. 373 S.
644. Dotterweich H. Die Funktion tierischer Kalkablagerungen als Pufferreserie in Dienste der Reaktionsregulation // Pflügers Arch. ges. Physiol. 1933. Bd. 232. S. 263.
645. Dotterweich H., Eltzner E. Die Mobilisierung des schalen Kalkes für de Reaktions Regulation der Muscheln (*Anodonta cygnea*) // Biol. Zbl. 1935. Bd. 55. S. 138.
646. Drach P. Origin of limestone in the tegument: Skeleton of crustaces // C. r. Acad. sci. 1937. Vol. 205. P. 1441.
647. Drechsel E. Beiträge zur Chemie einiger Seethier // Ztschr. Biol. N.F. 1896. Bd. 33. S. 85.
648. Driessen J.C. Scheikundig onderzoek van eene soort van Soda, welke uit den *Fucus buccinalis* in de nabijheid van de Kaap de Goede Hoop wordt bereid // Verh. Akad. Wet. Kl. 1. 1823. Bd. 6. S. 233.
649. Drilhon-Courtois A. Étude des éléments minéraux du milieu intérieur de *Telphusa fluviatilis* (Latr.) et son adaptation aux changements de salinité // Bull. Inst. océanogr. Monaco. 1934. No. 644.
650. Drilhon-Courtois A. Quelques constantes chimiques et physico-chimiques du milieu intérieur de crabe sacculiné (*Carcinus moenas*) // C. r. Acad. sci. 1936. Vol. 202. P. 981.
651. Drilhon-Courtois A., Portier J. Régulation minéral de l'hémolymphe d'un crab euryhalin *Eriocheir sinensis* (Milne-Edwards) // Bull. Inst. océanogr. Monaco. 1939. No. 769.
652. Drost K. Untersuchungen über den Wasser-, Stickstoff-, und Phosphorgehalt der Meeresmuschel // Schr. naturwiss. Ver. Schl.-Holst. 1886. Bd. 6. No. 2. S. 21.
653. Dubois R. Sur le cuivere normal dans la série animale // C. r. Soc. biol. 1900. Vol. 52. P. 393.
654. Dubois R. Du cuivere normale dans la série animale. (Animaux marins et terrestres) // Ann. Univ. Lyon. 1901. Vol. 47. P. 93.
655. Dubois R. Contribution a l'étude des perles fines de la nacre et des animaux que les produisent // Ann. Univ. Lyon. N.S. 1909. Vol. 29. Pp. 1–126.
656. Dubuisson M., Heuverswyn J. van. Nouvelles recherches sur la répartition du manganèse chez les mollusques // Arch. Intern. Physiol. 1930. Vol. 33, fasc. 1. P. 89.
657. Dubuisson M., Heuverswyn J. van. Recherches histologiques et chimiques sur les branches d'*Anodonta cygnaea* Lin. // Arch. biol. 1931. Vol. 41, no. 1. P. 37.
658. Dudich E. Die Kalkeinlagerungen des Crustaceenpanzers in polarisiertem Licht. // Zool. Anz. 1929. Bd. 85. S. 257.
659. Dujardin F. Observations sur quelques Annelides marines // Ann. sci. natur. Ser. 2. 1839. Vol. 11. P. 287.
660. Dulk H.P. Chemische Untersuchung der Krebssteine // Arch. Anat. Physiol. 1835. S. 428.
661. Dunham D.W. The water content of the freshwater jellyfish *Craspedacusta* // Amer. Midland Natur. 1942. Vol. 28. P. 526.
662. Dutoit P., Zbinden Ch. Analyse spectrographique des cendres de sang et d'organes // C.r. Acad. sci. 1929. Vol. 188. P. 1628.
663. Duval M. Recherches physico-chimiques et physiologiques sur le milieu intérieur des animaux aquatiques // Ann. Inst. océanogr. Monaco. 1925. Vol. 2, fasc. 3. Pp. 233–407. Idem: Thesis. P., 1925. 181 p.
664. Eberlein R. Über die im Wiederkäuermagen vorkommen den ciliaten Infusorien // Ztschr. wiss. Zool. 1895. Vol. 59. P. 233.
665. Ebner V. Ueber den feineren Bau der Skeletteile der Kalkschwämme nebst Bemerkungen über Kalkskellete überhaupt // Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien. 1887. Bd. 95. No. 1. S. 55.
666. Eggleton Ph., Eggleton G.P. Further observations on phosphogen // J. Physiol. 1928. Vol. 65. P. 15.
667. Ehrenberg G.G. Phosphorsaures Kalk in den Zähnen und Kieselerde in dem Panzer von Infusorien // Ann. Phys. 1834. Bd. 32. S. 574.
668. Einsele W., Grim J. Ueber den Kieselsäuregehalt planktischer Diatomeen und dessen Bedeutung für einige Fragen ihrer Ökologie // Ztschr. Bot. 1938. Bd. 32. S. 545.
669. Eisenack A. Die Wandung fossiler Dinoflagellaten // Arch. Protistenk. 1939. Bd. 93. S. 81.
670. Eisig H. Monographie der Capitelliden des Golfes von Neapel // Fauna und Flora. 1887. Bd. 16. S. 1–906.
671. Ellegood J.A. A phytochemical study of *Iridaea laminarioides* // J. Amer. Pharm. Assoc. 1939. Vol. 28. P. 294.

672. Ellis D. Iron bacteria. L.: Methuen, 1919. 179 p.
673. Ellis D. Sulphur bacteria: A monograph. L.: Longmans, Green, 1932. 261 p.
674. Ellis M.M. Arsenic storage in game fish // Copeia. 1934. No. 2. P. 97.
675. Ellis M., Westfall B., Ellis M.D. Arsenic in fresh-water fish // Industr. Eng. Chem. 1941. Vol. 33. P. 1331.
676. Elmhirst R., Paul J.H. A summary of work of Elmhirst and Paul on the distribution of copper in the blood and "liver" of the Decapod Crustacea during the moulting cycle // Nature. 1921. Vol. 107. P. 151.
677. El Saby M.K. Dietetic value of certain Egyptian food fishes // Rapp. Comm. intern. mer Méditerr. 1934. Vol. 8. P. 127.
678. Emmerling O. Hydrolyse der Meerleuchtinfusorien der Nordsee (*Noctiluca miliaris*) // Biochem. Ztschr. 1909. Bd. 18. S. 372.
679. Engel G.L., Chao I. Comparative distribution of organic phosphates in the skeletal and cardiac muscles of *Limulus polyphemus* // J. Biol. Chem. 1935. Vol. 108. P. 389.
680. Engel G.L., Gerard R.W. The phosphorus metabolism of invertebrate nerve // J. Biol. Chem. 1935. Vol. 112. P. 378.
681. Engel W. Beiträge zur Kenntniss der organischen Grundsubstanz der Schalen von Reptilieneier und Untersuchungen der Brutzellendeckel von Wespen und der Eihäute von *Aplysia* // Ztschr. Biol. 1890. Bd. 27. S. 374.
682. Engelhardt W. von. Die Geochemie des Barium // Chem. Erde. 1936. Bd. 10. S. 187.
683. Ephrussi B., Rapkine L. Composition chimique de l'oeuf d'Oursin *Paracentrotus lividus* Lk. Et ses variations au cours du développement // Ann. physiol. physicochim. biol. 1928. Vol. 4. P. 386.
684. Ercegović A. Sur quelques types peu connues des Cyanophycées lithophytes // Arch. Protistenk. 1930. Bd. 71. S. 365.
685. Erel M., Yurd N. III. Balıklar // Bull. Fac. méd. Istanboul. N.S. 1940. Vol. 3. P. 1426.
686. Erman P. Untersuchungen über das Gas in der Schwimmblase der Fische, und über die Mitwirkung des Darmkanals zum Respirationsgeschäfte bei der Fischart *Cobitis fossilis* (Schlampitzger) // Ann. Phys. 1808. Bd. 30. S. 113.
687. Erman P. Wahrnehmungen über das Blut einiger Mollusken / Abh. preuss. Akad. Wiss. Pourquoi les éléments de la matière vivante ontils des poids atomiques peu élevés? // Malpighia. 1887. Vol. I. P. 1.; 1816. P. 199.
688. Errera L.
689. Eschle. Ueber den Iodgehalt einiger Algenarten // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1897. Bd. 23. S. 30.
690. Étard A., Oliver L. De la réduction des sulfates par les êtres vivants // C. r. Acad. sci. 1882. Vol. 95. P. 846.
691. Etorma S.B. Approximate analysis of some Philippine shellfish // Philipp. Agr. 1928. Vol. 17. P. 125.
692. Evans R.D., Kip A.F., Moberg E.G. The radium and radon content of Pacific Ocean water, life and sediments // Amer. J. Sci. 1938. Vol. 36. P. 241.
693. Fagerström C.F. Observations circa iodinum in *Fuco vesiculosus*: Diss. in philos. Lund, 1823.
694. Fänge R. Haemerythrin in *Priapulus caudatus* Lam. // Nature. 1950. Vol. 165. P. 613.
695. Farnsteiner K., Lendrich K., Buttenberg P., Kickton A., Klassert M. // Elb-Kaviar. Ber. hyg. Inst. Nahr. Mitt. Kont. Hamburg. 1903–1904. Bd. 5. S. 39.
696. Fassbinder K. Beiträge zur Kenntnis des Süßwasserostracoden // Zool. Jb. 1911–1912. Bd. 32. S. 533.
697. Fauré-Fremiet E. La constitution du test chez les foraminifères arenacés // Bull. Inst. océanogr. Monaco. 1911. No. 216.
698. Fauré-Fremiet E. Le cycle germinatif chez *Ascaris megalcephala* // Arch. anat. microsc. 1913. Vol. 15. P. 435.
699. Fauré-Fremiet E., Garrault H. Constitution de l'oeuf de truite (*Trutta fario*) // C. r. Acad. sci. 1922a. Vol. 174. P. 1375.
700. Fauré-Fremiet E., Garrault H. Constitution de l'oeuf ovarien de carpe (*Cyprinus carpio*) // Ibid. 1922b. Vol. 174. P. 1495.
701. Fauré-Fremiet E., Garrault H. Constituion de l'oeuf ovarien de *Patella vulgata* // C. r. Soc. biol. 1923. Vol. 88. P. 1183.
702. Fearon W.R. A classification of the biological elements with a note on the biochemistry of beryllium // Sci. Proc. Roy. Dublin Soc. 1933. Vol. 20. P. 531.
703. Fechner G.T. Resultate der bis jetzt unternommenen Pflanzenanalysen, nebst ausführlich chemischphysikalischer Beschreibung des Holzes, der Kohle, der Pflanzensäfte und einiger andern wichtigen Pflanzenkörper. Leipzig: Voss, 1829. 351 S.

704. *Fellenberg Th. von.* Untersuchungen über das Vorkommen von Iod in der Natur // Mitt. Lebensm. Hyg. 1923. Bd. 14. S. 161.
705. *Fellenberg Th. von.* Untersuchungen über das Vorkommen von Iod in der Natur // Biochem. Ztschr. 1923. Bd. 152. S. 153.
706. *Fellenberg Th. von.* Untersuchungen über den Iodstoffwechsel // Ibid. 1927. Bd. 184. S. 85.
707. *Fellenberg Th. von.* The arsenic content of natural foods and of foods treated with arsenic preparations [insecticides] // Mitt. Lebensm. Hyg. 1929. Bd. 20. S. 338.
708. *Fellers C.R., Harris S.G.* Canned Atlantic crab meat // Industr. Eng. Chem. 1940. Vol. 32. P. 592.
709. *Fendler G., Stüber W.* Nachweis und Bestimmung kleiner Mengen Iod in Ölen // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1914. Bd. 89. S. 23.
710. *Field J.A.* Biology and economic value of the sea mussel *Mytilus edulis* // Bull. U.S. Fish Comm. 1922. Vol. 38. P. 127.
711. *Figuier O.* Mémoire sur la composition chimique des escargots et sur les préparations pharmaceutiques dont ils sont la base: Diss. Montpellier, 1840.
712. *Filhol E.* Recherches sur les eaux minérales des Pyrénées. 2nd ed. P.: Masson, 1888. 430 p.
713. *Fischer A.* Ueber des Vorkommen von Gypskrystallen bei den Desmidieen // Jb. wiss. Bot. 1883. Bd. 14. No. 2. S. 133.
714. *Fischer G.* Versuch über die Schwimmblase der Fische. Leipzig: Rabenhorst, 1795. 80 S.
715. *Fischer H., Hilger J.* Zur Kenntnis der natürlichen Porphyrine. II. Über das Turacin // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1923. Bd. 128. S. 167.
716. *Fischer H., Hilmer H., Lindner F., Pützer B.* Zur Kenntnis der natürlichen Porphyrine. XVIII. Chemische befunde bei einem fall von Porphyrinurie (Petry) // Ibid. 1925. Bd. 150. S. 44.
717. *Fischer H., Kögl F.* Zur Kenntnis der natürlichen Porphyrine. IX. Über Ooporphyrin aus Kiebitzeierschalen und seine Beziehungen zum Blutfarbstoff // Ibid. 1923. Bd. 138. S. 262.
718. *Fischer H., Schaumann O.* Zur Kenntnis der natürlichen Porphyrine. I. Über das Porphyrin der *Eisenia foetida* // Ibid. 1923. Bd. 128. S. 162.
719. *Fischer H., Seemann H. von.* The constitution of *Spirographis hemin* // Ibid. 1936. Bd. 242. S. 133.
720. *Fisher W.K., MacGinitie G.E.* A new echiuroid worm from California // Ann. Mag. Natur. Hist. Ser. 10. 1928a. Vol. 1. P. 199.
721. *Fisher W.K., MacGinitie G.E.* The natural history of an echiuroid worm // Ibid. 1928b. Vol. 1. P. 204.
722. *Fleming R.H.* Composition of plankton and units for reporting population and production // Proc. Pan-Pacif. Sci. Congr. 1939. Vol. 3. P. 535.
723. *Florkin M.* Recherches sur les hémérythrines // Arch. Intern. Physiol. 1933. Vol. 36. P. 247.
724. *Florkin M.* Biochemical evolution / Ed., transl. and augmented by S. Morgulis. N.Y.: Acad. press, 1949. 157 p.
725. *Flückiger F.A.* Nachweisung des Iods in *Laminaria* // Arch. Pharm. 1887. Bd. 225. S. 519.
726. *Foettinger A.* Sur l'existence de l'hémoglobine chez les échinodermes // Arch. biol. 1880. Vol. 1. P. 405.
727. *Fontaine M.* Le calcium sanguin chez les cyclostomes et les poissons. Ses rapports avec l'état d'ossification du squelette // Arch. Intern. Physiol. 1935. Vol. 40, fasc. 3. P. 374.
728. *Fontaine M., Boucher-Firly S.* Recherches sur la réserve alcaline du sang des poissons: Ses variations au cours des changements de salinité // Bull. Inst. océanogr. Monaco. 1934. No. 646. Pp. 1–11.
729. *Fontaine M., Lachiver F., Leloup J., Olivereau M.* La fonction thyroïdienne du Saumon (*Salmo salar* L.) au cours de sa migration reproductrice // J. physiol. 1948. Vol. 40. Pp. 182A–184A.
730. *Fontaine M., Leloup J.* Action d'antithyroïdiens (aminothiazol et phénylthiourée) sur la cuprémie des Vertébrés poecilothermes // C. r. Soc. biol. 1947. Vol. 141. Pp. 148–149.
731. *Fontaine M., Leloup J.* Sur l'iodémie de deux Téléostéens migrateurs potamoïques *Salmo salar* L. et *Alosa alosa* L. au début de leur montée reproductrice // C. r. Acad. sci. 1950. Vol. 230. Pp. 775–777.
732. *Fontaine M., Raffy A.* Recherches physiologiques et biologiques sur les civelles // Bull. Inst. océanogr. Monaco. 1932. No. 603.
733. *Forbes E.B.* The iodine content of foods // Bull. Ohio Agr. Exp. Station. 1916a. Vol. 1. P. 219.
734. *Forbes E.B.* Studies on the mineral elements in animal nutrition // J. Wash. Acad. Sci. 1916b. Vol. 6. P. 431.
735. *Forchhammer G.* On the influence of fucoïdal plants upon the formations of the earth, on metamorphism in general, and particularly the metamorphosis of the Scandinavian alum slate // Rep. Brit. Assoc. 1844. P. 155.
736. *Forchhammer G.* Beiträge zur Bildungsgeschichte des Dolomites // J. prakt. Chem. 1850. Bd. 49. S. 52.

737. *Forchhammer G.* Beiträge zur Bildungsgeschichte des Dolomites // Neues Jb. Miner. Geol. Paläontol. 1852. S. 854.
738. *Forchhammer G.* Undersøgelser over Metallerne i Havets Dyr og Planter // Overs. dan. vidensk. selsk. forhändl. 1855. P. 389.
739. *Forchhammer G.* On the composition of sea water in different parts of the ocean // Philos. Trans. Roy. Soc. London, 1865. Vol. 155. P. 203.
740. *Ford E.* The economic value of the dogfish // Fish Tr. Gaz. 1920. No. 37 (1922). Pp. 31, 33, 35, 37, 51, 67.
741. *Forster E.* Untersuchung über die Beziehungen zwischen dem spezifischen Brechungsvermögen und der Concentration von Salzlösungen // Mitt. naturforsch. Ges. Bern. 1878. S. 1.
742. *Foslie M.N.* Ueber die Laminarien Norwegens // Forh. vidensk. selsk. Kristiania. 1844. No. 14. S. 1–112.
743. *Fourcroy A.F.de.* Observations sur le gaz azote contenu dans la vessie nataoire de la carpe // Ann. chim. (phys.). 1789. Vol. 1. P. 47.
744. *Fourcroy A.F.de.* Examen chimique du cerveau de plusieurs animaux // Ibid. 1793. Vol. 16. P. 282.
745. *Fourcroy A.F.de.* Notice sur l'existence du phosphate de magnésie dans les os // Ann. Mus. hist. natura. 1804. Vol. 6. P. 397.
746. *Fourcroy A.F.de., Vauquelin L.N.* Expériences chimiques pour servir à l'histoire de la laite des poissons // Ibid. 1807. Vol. 10. P. 169.
747. *Fourcroy A.F.de., Vauquelin L.N.* Analyse d'une espèce de Madrépore... // Ibid. 1811. Vol. 18. P. 354.
748. *Fox C.* The solubility of quartz // Rec. Geol. Surv. Ind. 1936. Vol. 69. P. 423.
749. *Fox D.L., Coe W.R.* Biology of the California sea-mussel (*Mytilus californianus*). II. Nutrition, metabolism, growth and calcium deposition // J. Exp. Biol. 1943. Vol. 93. P. 205.
750. *Fox H.M.* La chlorocruorine // Arch. phys. biol. 1926. Vol. 5, no. 2. P. 85.
751. *Fox H.M.* Oxygen affinity of chlorocruorin of *Spirographis spallanzani* // Nature. 1932. Vol. 130. P. 92.
752. *Fox H.M.* Haemoglobin in blood-sucking parasites // Ibid. 1945. Vol. 156. P. 475.
753. *Fox H.M.* Chemical taxonomy // Nature. 1946. Vol. 157. P. 511.
754. *Fox H.M.* The haemoglobin of *Daphnia* // Proc. Roy. Soc. London B. 1948. Vol. 135. P. 195.
755. *Fox H.M.* On chlorocruorin and haemoglobin // Ibid. 1949a. Vol. 136. Pp. 378–388.
756. *Fox H.M.* On Apus: Its rediscovery in Britain, nomenclature and habits // Proc. Zool. Soc. London, 1949b. Vol. 119. P. 693.
757. *Fox H.M., Ramage H.* A spectrographic analysis of animal tissues // Proc. Roy. Soc. London B. 1931. Vol. 108. P. 157.
758. *Fränkel S., Jellinek C.* Ueber die Wohnröhren der *Spirographis spallanzani* // Biochem. Ztschr. 1927a. Bd. 185. S. 379.
759. *Fränkel S., Jellinek C.* Ueber *Limulus polyphemus* // Ibid. 1927b. Bd. 185. S. 384.
760. *Fränkel S., Jellinek C.* Ueber essbare Holothurien // Ibid. 1927c. Bd. 185. S. 389.
761. *Frédéricq L.* Recherches sur la physiologie du poulpe commun (*Octopus vulgaris*) // Arch. zool. exp. gén. 1878a. Vol. 7. P. 535.
762. *Frédéricq L.* Sur l'organisation et la physiologie du poulpe // Bull. Acad. Belg. Cl. sci. 1878b. Vol. 46. P. 711.
763. *Frédéricq L.* Dur l'hémocyanine substance nouvelle du sang de poulpe // C. r. Acad. sci. 1878c. Vol. 87. P. 996.
764. *Frédéricq L.* Note sur la sang du homard // Bull. Acad. Belg. Cl. sci. 1879. Vol. 47. P. 309.
765. *Frédéricq L.* Diffusion of coper in the animal kingdom // Nature. 1880. Vol. 21. P. 370.
766. *Frédéricq L.* Composition saline du sang et des tissus des animaux marins // Livre jub. Soc. Méd. Gand. 1884. Vol. 271. P. 9.
767. *Frédéricq L.* Influence du milieu ambiant sur la composition du sang des animaux aquatiques // Arch. zool. exp. gén. 1885. Vol. 3. P. 34.
768. *Frémy E.* Recherches chimiques sur les os // Ann. chim. (Phys.). Ser. 3. 1855. Vol. 43. P. 47.
769. *Frémy P.* Incrustation calcaire du *Batrachospermum moniliforme* Roth. // Bull. Soc. Linn. Normandie. Ser. 7. 1923. Vol. 6. P. 118.
770. *Frémy P.* Une nouvelle cyanophycée précipitant de l'oxyde de fer, *Microcoleus ferrugineus* Frémy n. sp. // Acta bot. Zagreb, 1936. Vol. 11. P. 58.
771. *Freundler P.* Sur l'iode dosable des *Laminaria flexicaulis* // C. r. Acad. sci. 1924a. Vol. 178. P. 515.
772. *Freundler P.* Variation de l'iode chez les *Laminaria flexicaulis* à l'époque de la repousse annuelle; rôle de la zone stipofrontale // Ibid. 1924b. Vol. 178. P. 1625.

773. *Freundler P.* Sur les condition de stabilisation de l'iode chez les *Laminaria flexicaulis* // *Ibid.* 1924c. Vol. 179. P. 1421.
774. *Freundler P., Laurent V., Ménager Y.* Étude biochemique des laminaires. Variation des principaux constituents. Leurs relations, leur dépendence des conditions extérieures; leue rôle // *Bull. Soc. chim. France.* 1922. Vol. 31. P. 1341.
775. *Freundler P., Ménager Y.* Recherches sur la variation de l'iode chez les principales Laminaires de la côte bretonne // *Notes Off. Pêch. marit.* 1922. No. 13.
776. *Freundler P., Ménager Y., Laurent V.* La composition des Laminaires // *C. r. Acad. sci.* 1921. Vol. 173. P. 1116.
777. *Freundler P., Ménager Y., Laurent V., Lelièvre J.* L'iode dissimulé des Laminaires // *Bull. Soc. chim. France.* 1925a. Vol. 37. P. 1466.
778. *Freundler P., Ménager Y., Laurent V., Lelièvre J.* Recherches sur les transformations et la nature de l'iode des *Laminaria flexicaulis* // *Notes Off. Pêch. marit.* 1925b. No. 41.
779. *Friedheim E.A.H.* Das Pigment von *Halla parthenopea* ein akzessorischen Atmungskatalysator // *Biochem. Ztschr.* 1933. Bd. 259. S. 257.
780. *Friedländer P.* Ueber den Farbstoff des antiken Purpurs aus *Murex brandaris* // *Ber. Dt. chem. Ges.* 1909. Bd. 42. S. 765.
781. *Friedländer P.* Über die Farbstoffe aus *Purpura aperta* und *Purpura lapillus* // *Ibid.* 1922. Bd. 55.
782. S. 1655.
783. *Frisby F.* *Fucus vesiculosus* // *Amer. J. Pharm.* 1880. Vol. 52. P. 434.
784. *Fritsch F.E.* Encrusting algal communities of certain streams // *New Phytol.* 1929. Vol. 28. P. 165.
785. *Fritsch R.* Findet sich Selen im pflanzlichen und tierischen Organismus? // *Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem.* 1918. Bd. 104. S. 59; 1920. Bd. 109. S. 186.
786. *Friza F.* Zur Kenntnis des Conchiolins der Muschelschalen // *Biochem. Ztschr.* 1932. Bd. 246. S. 29.
787. *Fromageot C., Jutisz M., Lafon M., Roche J.* Le présence de monoiodotyrosin dans la gorgonie (*G. verrucosa*) // *C. r. Soc. biol.* 1948. Vol. 142. P. 785.
788. *Früh J.* Gasausströmungen in Rheinthal oberhalb des Bodensees // *St. Gallen Ber.* 1895–1896. S. 110.
789. *Fujikawa K., Kitayama O.* The iodine content in *Porphyra tenera* growing in Korea // *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 1935. Vol. 4. P. 239.
790. *Fujikawa K., Naganuma H.* Chemical composition of a sardine – *Sardinia melanostica* // *Ibid.* 1936. Vol. 5. P. 95.
791. *Fukuda S.* Ueber die chemischen Bestandteile des Schneckeneies // *J. Biochem.* 1939. Vol. 30, no. 1. P. 135.
792. *Fulton J.* Animal chlorophyll; its relation to haemoglobin and other animal pigments // *Quart. Microsc. Sci.* 1922. Vol. 66, no. 262. P. 339.
793. *Fürth O.von.* Vergleichende chemische Physiologie der niederen Tiere. Jena: Fischer, 1903. 670 S.
794. *Fyfe A.* Account of some experiments made with the view of ascertaining the different substances from which iodine can be procured // *Edinburgh Philos. J.* 1819. Vol. 1. P. 254.
795. *Fyfe A.* Versuche um die Körper auszumitteln welche Iodin enthalten // *Ann. Phys.* 1820. Bd. 3. S. 241.
796. *Gaarder T.* Untersuchungen über Produktion und Lebensbedingungen in norwegischen Austern – Pollen // *Bergens Mus. Aarb.* 1932. No. 2. S. 6–64.
797. *Gabriel A., Limprich R.* Die Maränen der masurischen Seen // *Ztschr. Untersuch. Nahr.-und Genussm.* 1914. Bd. 27. S. 34.
798. *Gadolin J.* Von einer schwarzen, schweren Steinart aus Ytterby Steibruch in Roslagen in Schweden // *Crell, Chem. Ann.* 1794. Bd. 25. No. 1. S. 313.
799. *Gaillon B.* Des huitres vertes et des causes de cette coloration // *J. phys.* 1820. Vol. 91. P. 222.
800. *Galibourg J., Ryziger F.* Contribution à l'étude de la roentgenospectrographie des perles // *C. r. Acad. sci.* 1926. Vol. 183. P. 960.
801. *Galletti C.A.* Ricerche chimico-agrarie sulle cosi dette alghe marine con particolare rigiear do allaro impiego in agricultura // *Agr. colon.* 1931. Vol. 25, no. 9. P. 423.
802. *Galloway R.* On the extraction of iodine and bromine from kelp // *Irish Acad. Proc.* 1883. Vol. 3. Pp. 152–154.
803. *Galtsoff P.S., Whipple D.V.* Oxygen consumption of normal and green oysters // *Bull. U.S. Fish Comm.* 1929. Vol. 46, no. 1094. P. 489.
804. *Garrey W.E.* The osmotic pressure of sea-water and of the blood of marine animals // *Biol. Bull. Woods Hole.* 1905. Vol. 8. P. 257.

805. *Gassmann T.* Der Nachweis des Selens im Knochen- und Zahngewebe // *Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem.* 1916. Bd. 97. S. 307.
806. *Gatterer A., Philippi E.* Enthalten die Häemocyanine ausser Kupfer noch andere Metalle // *Ibid.* 1933. Bd. 216. S. 120.
807. *Gauthier de Claubry M.H.* Recherches sur l'existence de l'iode dans l'eau de la mer et dans les plantes qui produisent la soude de varecks et analyse de plusieurs plantes de la famille des algues // *Ann. chim. (phys.)*. 1815. Vol. 93. P. 75.
808. *Gautier A.* Présence d'iode en proportions notables dans tous les végétaux à chlorophylle de classe des algues et dans les sulfuraires // *C. r. Acad. sci.* 1899a. Vol. 129. P. 189.
809. *Gautier A.* L'iode dans la mer // *Ibid.* 1899b. Vol. 128. P. 1069.
810. *Gautier A.* Examen de l'eau de mer puisée à différentes profondeurs, variation de ses composés iodés // *Ibid.* 1899c. Vol. 129. P. 9.
811. *Gautier A.* Existence normal et origine de l'arsenic chez les animaux et les plantes // *C. r. Soc. biol.* 1900. Vol. 52. P. 1243.
812. *Gautier A.* Localisation de l'arsenic normale dans quelques organes des animaux et des plantes: Ses origines // *C. r. Acad. Sci.* 1902. Vol. 135. P. 833.
813. *Gautier A., Clausmann P.* Origines alimentaires de l'arsenic normal chez l'homme // *Ibid.* 1904. Vol. 139. P. 101.
814. *Gautier A., Clausmann P.* Le fluor dans l'organisme animal. A. Peau et ses appendices // *Ibid.* 1913a. Vol. 156. P. 1347.
815. *Gautier A., Clausmann P.* Le fluor dans l'organisme animal. B. Squelette, cartilages, tendons // *Ibid.* 1913b. Vol. 156. P. 1425.
816. *Gautrelet J.* Des formes élémentaires du phosphore chez les invertébrés // *Ibid.* 1902. Vol. 134. P. 186.
817. *Gay-Lussac L.J.* Sur la présence de l'acide fluorique dans les substances animales // *Ann. chim. (phys.)*. 1805. Vol. 55. P. 258.
818. *Gay-Lussac L.J.* Mémoire sur l'iode // *Ann. chim. (phys.)*. Ser. 1. 1814. Vol. 91. P. 5.
819. *Gay-Lussac L.J., Thénard L.J.* Sur la décomposition et la recomposition de l'acide boracique // *Ibid.* 1808. Vol. 68. P. 169.
820. *Gebbing J.* Chemische Untersuchungen von Meeresboden-, Meerwasser- und Luft-proben der Deutschen Südpolar-Expedition (1901–1903) // 1927. Bd. 7. S. 75.
821. *Geber (Jābir ibn Haiyān, al-Tarāsūsī).* *Libriq: investigationis magisterii, et testamenti eiusdem Geberis, ac aurei triū verborum libelli, et avicennae summi medici et acutissimi philosophi mineralium additiōe casti-gatissima.* Colophon: Venetiis apud Petrum Schoeffer: Germanum, Maguntinum, 1542.
822. *Genaud P., Genevois L.* Sur la constitution minérale de quelques chlorophycées marines // *Bull. Soc. sci. Arcachon.* 1930. Vol. 27, no. 1. P. 19.
823. *Geng H.* Der Futterwert der natürlichen Fischnahrung // *Ztschr. Fisch.* 1925. Bd. 23. S. 137.
824. *Genth F.A.* Aschenbestandtheile des Blutes von *Limulus cyclops*, von Egg-Island (im Mai) und Lewistown (Juli), Fabricius // *Nordamerik. Monatsber.* 1851. Bd. 3. No. 4. S. 438.
825. *Geoffroy E.* Polyptere Histoire naturelle et description anatomique d'un nouveau genre de poisson du Nil, nommé Polyptère // *Ann. Mus. hist. natur.* 1802. Vol. 1. P. 65.
826. *Geoffroy E.F.* Problème de chimie: Trouver des cendres qui ne contiennent aucunes parcelles de fer // *Mém. Acad. Roy. Sci.* 1705. Vol. 7. P. 362.
827. *Geoffroy E.F.* Analyse chimique de l'éponge de la moyenne espèce // *Mém. Acad. Roy. Sci.* Ser. 2. 1706. Vol. 8. P. 507.
828. *George W.C.* The histology of the blood of *Perophora viridis* (ascidian) // *J. Morphol.* 1926. Vol. 41. P. 311.
829. *George W.C.* Further observations on ascidian blood // *J. Elisha Mitchell Sci. Soc.* 1930a. Vol. 45. P. 239.
830. *George W.C.* The histology of the blood of some Bermuda ascidians // *J. Morphol.* 1930b. Vol. 49. P. 385.
831. *George W.C.* A comparative study of the blood of the Tunicata // *Quart. J. Microsc. Sci.* 1939. Vol. 81. P. 391.
832. *Gérard E., Meurin.* [...Lithium dans les substances alimentaires...] // *Bull. Soc. chim. France.* Ser. 4. 1908. Vol. 3. P. 184.
833. *Gerstaecker A.* Die Klassen und Ordnungen der Arthropoden // *H.G. Bronn's Klassen und Ordnungen des Thier-Reichs.* 1866–1879. Bd. 5, Abt. 1. S. 1–1320.
834. *Gertz O.* Über die Oxydasen der Algen // *Biochem. Ztschr.* 1926. Bd. 169. S. 435.
835. *Giard A.* Contributions à l'histoire naturelle des synascidies // *Arc. zool. exp. gén.* 1873. Vol. 2. P. 481.

836. *Gibson R.E., Wyckoff R.W.G., Merwin H.E.* Vaterite and μ calcium carbonate // Amer. J. Sci. Ser. 5. 1923. Vol. 10. P. 325.
837. *Gicklhorn J.* Zur Morphologie und Mikrochemie einer neuen Gruppe der Purpurbakterien // Ber. Dt. bot. Ges. 1921. Bd. 39. S. 312.
838. *Gicklhorn J.* Beobachtungen über die Kalkinkrustation der Schale der Cladoceren // Lotos. 1925. Bd. 73. S. 157.
839. *Gilbert L.W.* Zwei neue chemische Entdeckungen aus einer Zeitungsnachricht // Ann. Phys. 1814. Bd. 16. S. 11.
840. *Giménez J.C.* Revista el valor alimenticio del pescado // An. Soc. esp. fis. quím. 1934. Vol. 32. P. 86.
841. *Giral J.* Estudios sobre las algas espanolas. La algina // An. Soc. esp. fis. quím. Sect. tecn. 1929. Vol. 27. P. 144.
842. *Girardin J., Preisser F.* Examen chimique de l'huile de foie de raie (*Raia clavata* et *R. batis*) // J. Pharm. Ser. 3. 1842. Vol. 1. P. 503.
843. *Giunti M.* Richerche sulla diffusione del rame nel regno animale // Gazz. chim. ital. 1879. Vol. 9. P. 546.
844. *Glaser O.* Copper, enzymes and fertilization // Biol. Bull. Woods Hole. 1923. Vol. 44. P. 79.
845. *Glimm E., Isenbruch J.* Über die Bestimmung kleinster Iodmengen // Biochem. Ztschr. 1929. Bd. 207. S. 368.
846. *Gloess P.* Les plantes marines. Leurs utilisations // Bull. Inst. océanogr. Monaco. 1919. No. 350. Pp. 1–80.
847. *Gmelin L.* Ueber das Vorkommen des Iods im Leberthran // J. Liebigs Ann. Chem. 1839. Bd. 31. S. 321.
848. *Göbel F.* Iodine in den Schwämmen // Apothekerztg. 1821. Bd. 11. S. 44.
849. *Göbel F.* Zoochemische Untersuchungen // Schweigger's J. Chem. Phys. 1823. Bd. 39. S. 426.
850. *Gobley.* Recherches chimiques sur les oeufs de carpe // J. Pharm. 1850. Vol. 17. P. 401; 1850. Vol. 18. P. 107.
851. *Gobley.* Recherches chimiques sur le limaçon de vigne // J. Pharm. Ser. 3. 1858. Vol. 33. P. 161.
852. *Gödechens J.* Analyse der Asche einiger Fucusarten // J. Liebigs Ann., Chem. 1845. Bd. 54. S. 350.
853. *Goldberg E.D., McBlair W., Taylor K.M.* The uptake of vanadium by tunicates // Biol. Bull. Woods Hole. 1951. Vol. 101. Pp. 84–94.
854. *Goldschmidt V.M.* Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente // Skr. norske vidensk. akad. Math.-Naturvid. Kl. 1937. Bd. 4. S. 1–148.
855. *Goldschmidt V.M., Berman H., Hauptmann H., Peters C.* Zur Geochemie der Alkalimetalle // Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl. 1933. S. 235.
856. *Goldschmidt V.M., Peters C.* Zur Geochemie des Bors. II // Ibid. 1932. S. 528.
857. *Goldschmidt V.M., Peters C.* Zur Geochemie des Germaniums // Ibid. 1933. S. 141.
858. *Gómez M.L.* Contribución al estudio químico de la algina o ácido alginico // Notas Inst. esp. oceanogr. Ser. 2. 1933. No. 74. Pp. 1–98.
859. *Gomont M.* Note sur le genre *Phormidium* Kützing // Bull. Soc. bot. France. 1887. Vol. 34. P. XVIII.
860. *Gonnermann M.* Beiträge zur Kenntnis der Biochemie der Kieselsäure // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1917. Bd. 99. S. 255.
861. *Gonnermann M.* Beiträge zur Kenntnis der Biochemie der Kieselsäure und Tonerde // Biochem. Ztschr. 1918. Bd. 88. S. 401.
862. *Gonnermann M.* Der Eisengehalt der Öle, Fette, Wachstern, Harze, Gummeharze, Gummiarten; sowie einige Analysen über der Gehalt an Kieselsäure und Tonerde // Ibid. 1919. Bd. 95. S. 286.
863. *Gorbmann A.* Identity of an iodine-storing tissue in an ascidian // Science. 1941. Vol. 94. P. 192.
864. *Gorgy S., Rakestraw N.W., Fox D.L.* Arsenic in the sea // J. Mar. Res. 1948. Vol. 7. P. 22.
865. *Gorther R.A.* Studies on the chemistry of embryonic growth. I. Certain changes in the nitrogen ratios of developing trout eggs // J. Amer. Chem. Soc. 1913. Vol. 35, no. 1. P. 632.
866. *Cortner R.A.* The state of water in colloidal and living systems // Trans. Faraday Soc. 1930. Vol. 26. P. 678.
867. *Gorup von Besánez E.F.S.* Anleitung zur qualitativen und quantitativen zoochemischen Analyse, etc. Braunschweig: Vieweg, 1871. 497 S.
868. *Gorup von Besánez E.F.S.* Lehrbuch der physiologischen Chemie: 3 Bd. Braunschweig: Vieweg, 1874–1875.
869. *Gössl J.* Über das Vorkommen des Mangans in der Pflanze und über seinen Einfluss auf Schimmelpilze // Zbl. Bakteriologie. Abt. 2. 1907. Bd. 18. S. 330.
870. *Gotch F., Laws J.P.* On the blood of *Limulus polyphemus* // Rep. Brit. Assoc. 1885. P. 774.
871. *Gowanloch J.N.* A study of some of the reactions of the whelk, *Buccinum undatum* // Proc. N.S. Unst. Sci. 1922–1926. Vol. 16. P. 132.

872. *Graffin A.L.* Chloride and total osmotic pressure in the blood of marine teleosts // *Biol. Bull. Woods Hole.* 1935. Vol. 69. P. 245.
873. *Gran H.H., Ruud B.* Untersuchungen über die im Meerwasser gelösten organischen Stoffe und ihr Verhältnis zur Planktonproduktion // *Avh. norske vidensk. akad. Math.-Naturvid. Kl.* 1926. No. 6. S. 1–14.
874. *Grandjean F.* Le siphon des ammonites et des bélemnites // *Bull. Soc. géol. France. Ser. 4.* 1910. Vol. 10. P. 496.
875. *Grant R.E.* On the siliceous spicula of two zoophytes from Shetland // *Edinburgh N. Philos. J.* 1826. Vol. 1. P. 195.
876. *Gratarolus G.* *Veræ Alchemiæ...* Pt. 2. Basileae, 1561.
877. *Gray J.E.* On the chemical composition of sponges // *Thomson Ann. Philos.* 1825. Vol. 9, no. 2. P. 431.
878. *Greene C.W.* Biochemical changes in the muscle tissue of the king salmon during the fast of spawning migration // *J. Biol. Chem.* 1919a. Vol. 39. P. 435.
879. *Greene C.W.* Changes in nitrogenous extractives in the muscular tissue of the king salmon during the fast of spawning migration // *Ibid.* 1919b. Vol. 39. P. 457.
880. *Greene C.W.* Chemical development of the ovaries of the king salmon during the spawning migration // *Ibid.* 1921. Vol. 48. P. 59.
881. *Gregor W.* Beobachtungen und Versuche über den Menasanite, einen in Cornwall gefundenen magnetischen Sand // *Crell's Chem. Annal.* 1791. Bd. 15, H. 1. S. 40, 103.
882. *Greig E.D.W.* The exchanges of iron between the muscles and ovaries of the salmon in fresh water // *Rep. Lab. Roy. Coll. Phys. Edinburgh.* 1898. Vol. 7. P. 156.
883. *Greshoff M.* Zusammensetzung indischer Nahrungsmittel // *Chem. Ztg.* 1903. Bd. 27. S. 499.
884. *Greshoff M., Meyer W., De Eonw C.L.* Zusammensetzung von indischen Nahrungsmitteln // *Untersuch. Lab. Kolon. Mus. Haarlem.* 1907. Bd. 8. S. 351.
885. *Griesbach H.* Beiträge zue Kenntniss des Blutes // *Pflügers. Arch. ges. Physiol.* 1891. Bd. 50. S. 473.
886. *Griffiths A.B.* Recent analyses of *Fucus vesiculosus* and *Fucus serratus* // *Chem. News.* 1883. Vol. 48. P. 197.
887. *Griffiths A.B.* On the blood of the Invertebrata // *Proc. Roy. Soc. Edinburgh.* 1890–1891. Vol. 18. P. 288.
888. *Griffiths A.B.* The physiology of the Invertebrata. N.Y.: Appleton, 1892. 477 p.
889. *Griffiths A.B.* Sur la composition de l'hémocyanine // *C. r. Acad. sci.* 1892a. Vol. 114. P. 496.
890. *Griffiths A.B.* Sur la composition de la pinnaglobine, une nouvelle globuline // *Ibid.* 1892b. Vol. 114. P. 840.
891. *Griffiths A.B.* Sur la composition de la chlorocruorine // *Ibid.* 1892c. Vol. 114. P. 1277.
892. *Griffiths A.B.* L'hémérythrine: Pigment respiratoire contenu dans la sang de certains vers // *Ibid.* 1892d. Vol. 115. P. 669.
893. *Griffiths A.B.* Respiratory proteids. L.: Reeve, 1897. 126 p.
894. *Griffiths A.B.* On the composition of certain invertebrate pigments // *Chem. News.* 1905. Vol. 91. P. 90.
895. *Grobicka J., Wasilevska J.* Próba analizy chemicznej ilościowej wymockzka *Paramecium caudatum* // *Trav. Inst. Nencki.* 1925. Vol. 3, no. 41. Pp. 1–23.
896. *Grout F.F., Broderick T.M.* Organic structures in the Biwabik iron-bearing formation of the Huronian in Minnesota // *Amer. J. Sci. Ser. 4.* 1919. Vol. 48. P. 199.
897. *Grüss J.* Lithogene und normale Verkalkung // *Ber. Dt. bot. Ges.* 1919. Bd. 37. S. 531–543.
898. *Gümbel C.W.* Die sogenannten Nulliporen (*Lithothamnium* und *Dactylopora*) und ihre Betheiligung an der Zusammensetzung der Kalkgesteine. Th. 1. Die Nulliporen des Pflanzenreichs (*Lithothamnium*) // *Abh. Bayer. Akad. Wiss. Math.-Phys. Kl. Abt. 1.* 1871. Bd. 2. S. 11.
899. *Guillemet R., Sigot A.* La teneur en cuivre des différents organes du corps de l'escargot; ses variations // *C. r. Soc. biol.* 1933. Vol. 114. P. 1041.
900. *Gurney E.H.* Analyses of commercial fertilizers obtainable in New South Wales // *Agr. Gaz. N.S.W.* 1900. Vol. 11. P. 290.
901. *Guthrie F.B.* Analysis of seaweed // *Ibid.* 1899. Vol. 10. P. 528.
902. *Haas F.* Bau und Bildung der Perlen. Leipzig: Akad. Verl., 1931. 116 S.
903. *Haas P.* The liberation of methylsulphide by seaweed // *Biochem. J.* 1935. Vol. 29. P. 1297.
904. *Haas P., Hill T.G., Karstens W.K.H.* The metabolism of calcareous algae. II. The seasonal variation in certain metabolic products of *Corallina squamata* Ellis // *Ann. Bot.* 1935. Vol. 49. P. 609.
905. *Haas P., Russell-Wells B.* On carrageen (*Chondrus crispus*). IV. The hydrolysis of carrageen mucilage // *Biochem. J.* 1929. Vol. 23. P. 425.
906. *Haas P., Russell-Wells B.* A note on the phosphorus content of marine algae // *Ibid.* 1915. Vol. 9. P. 29.

907. *Haber F.* Das Gols im Meerewasser // *Ztschr. angew. Chem.* 1935. Bd. 40. S. 303.
908. *Hackspill L., Rollet A. P., Nicloux M.* Sur l'argon du sang // *C. r. Acad. sci.* 1926. Vol. 182. P. 719.
909. *Haeckel E.* Kalkschwämme: 3 Bd. B.: Reimer, 1872.
910. *Hahn F. von.* Ueber ein proteinartiges Gel in den Kieselgurlagen der Lüneburger Heide // *Kolloid-Ztschr.* 1925. Bd. 37. S. 300.
911. *Haidinger W.* Ueber einige neue Pseudomorphosen // *Men. Czech. Soc. Div. Hist. Math.* 1841. Bd. 2. S. 9.
912. *Haime J.* Sur le polypéroïde d'un *Leiopathes glaberrima* // *Ann. Sci. natur. (zool.). Ser. 3.* 1849. Vol. 12. P. 224.
913. *Hall F.G.* The functions of the swimbladder of fishes // *Biol. Bull. Woods Hole.* 1924. Vol. 47. P. 79.
914. *Hall F.G.* Blood concentration in marine fishes // *J. Biol. Chem.* 1928. Vol. 76. P. 623.
915. *Hall F.G.* The ability of the common mackerel and certain other marine fishes to remove dissolved oxygen from seawater // *Amer. J. Physiol.* 1930. Vol. 93. P. 417.
916. *Hall F.G., Gray I.E.* The hemoglobin concentration of the blood of marine fishes // *J. Biol. Chem.* 1929. Vol. 81. P. 589.
917. *Hall F.G., Gray I.E., Lepkovsky S.* The influence of asphyxiation on the blood constituents of marine fishes // *Ibid.* 1926. Vol. 67. P. 549.
918. *Halliburton W.D.* Notes on the chemical composition of the zoocytium of *Ophridium versatilis* // *Quart. J. Microsc. Sci.* 1885. Vol. 25. P. 445.
919. *Halliburton W.D.* A text-book of chemical physiology and pathology. L.: Longmans, Green, 1891. 874 p.
920. *Hammer E.* Zur Kenntnis von *Hircinia variabilis* // *Sitzungsber. Ges. naturforsch. Freunde. Berlin.* 1906a. No. 6. S. 149.
921. *Hammer E.* Zur Kenntnis des feineren Baues und der Entwicklung der Calcispongien // *Ibid.* 1906b. No. 6. S. 135.
922. *Hancock A.* Hote on the boring apparatus of the carnivorous gastropods and of the stone and woodboring bivalves // *Ann. Mag. Natur. Hist.* 1845. Vol. 15. P. 113.
923. *Hancock A., Embleton D.* On the anatomy of *Eolis*, a genus of mollusks of the order Nudibranchiata // *Ibid.* 1845. Vol. 15. P. 1.
924. *Hanow M.C.* Seltenheiten der Natur und Oekonomie: 3 Bd. Leipzig; Lank, 1753–1755.
925. *Hansen A.* Ueber Stoffbildung bei den Meeresalgen // *Mitt. zool. Station Neapel.* 1893. Bd. 11. S. 255.
926. *Hansgirg A.* Neue Beiträge zur Kenntniss der Meeresalgen- und Bakteriaceenflora der österreichischungarischen Küstenländer // *Sitzungsber. böhm. Ges. Wiss. (Math.-Naturwiss. Kl.).* 1892. Bd. 8. S. 212.
927. *Hansmann C.* Ueber das Vorkommen des Iods in dem *Oleum jecoris aselli* // *J. Liebigs. Ann. Chem.* 1837. Bd. 22. S. 170.
928. *Hanstein J.* (Über eine Conferve) // *Verh. naturhist. Ver. preuss. Rheinl. Sitzungsber.* 1878. Bd. 35. S. 73.
929. *Happ N.* Iodine in Wurmmoos, Meerballen und Schwammstein aufzufinden // *Trommsdorff N.J. Pharm.* 1822. Bd. 6. H. I. S. 304.
930. *Hara H.* Composition of bone as seen from the standpoint of sex // *J. Chem. Soc. Jap.* 1930. Vol. 6. P. 655.
931. *Hara H.* Composition of bone as seen from the standpoint of sex // *Ibid.* 1931. Vol. 7. P. 15.
932. *Harder E.C.* Iron-depositing bacteria and their geologic relations // *Prof. Pap. U.S. Geol. Surv.* 1919. No. 113.
933. *Harder R.* (Gas interchange of sea algae) // *Jb. wiss. Bot.* 1915. Ed. 56. S. 254.
934. *Harless E.* Ueber das blaue Blut einiger wirbellosen Thiere und dessen Kupfergehalt // *Arch. Anat. Physiol.* 1847. Bd. 14. S. 148.
935. *Harley G., Harley H.S.* The chemical composition of pearls // *Proc. Roy. Soc. London,* 1888. Vol. 43. P. 461.
936. *Harnack E.* Ueber iodhaltige Organismen und deren arzneiliche Anwendung // *München, med. Wochenschr.* 1896. Bd. 43. S. 196.
937. *Harnack E.* Ueber das Iodospongien dei Iodhaltige eiweissartige Substanz aus dem Badeschwamm // *Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem.* 1898. Bd. 24. S. 412.
938. *Harrevels A. von.* A physiological solution for fresh-water crustaceans // *Proc. Soc. Exp. Biol.* 1936. Vol. 34. P. 428.
939. *Harrison R.I.* Phosphorus and iron in *Sagitta setosa* and *Sagitta elegans* // *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 1940. Vol. 24. P. 125.
940. *Harry R.G.* The composition of certain cooked fish // *J. Soc. Chem. Industr.* 1936. Vol. 55. P. 150.
941. *Hartley C.W.* The value of fish refuse as a food for pigs // *Malay. Agr. J.* 1941. Vol. 29, no. 3. P. 118.
942. *Hartman F.A., Lewis L.A., Shelden F.F., Walther R.F.* Some blood constituents of the normal skate // *Physiol. Zool.* 1941. Vol. 14. P. 476.

943. Hartmeyer R. Ascidiacea // Dan. Ingolf-Exped. 1923–1924. Vol. 2, no. 1. Pp. 1–365; no. 2. Pp. 1–275.
944. Hervey H.W. Annual variation of planktonic vegetation, 1933 // J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 1934. Vol. 19. P. 775.
945. Hervey H.W. The supply of iron to diatoms // Ibid. 1937. Vol. 22. P. 205.
946. Harvey H. W., Cooper L.H.N., Lebour M.N., Russell F.S. Plankton production and its control // Ibid. 1935. Vol. 20. P. 407.
947. Hassid W.Z. Isolation of a sodium sulfuric acid ester of galactan from *Irideae laminarioides* (Rhodophyceae) // J. Amer. Chem. Soc. 1933. Vol. 55. P. 4163.
948. Hatai S. On the composition of the medusa, *Cassiopea xamachana* and the changes in it after starvation // Publ. Carnegie. Inst, Wash. 1917. Vol. 11. P. 95; Proc. Nat. Acad. Sci. U.S. 1917. Vol. 3. P. 22.
949. Hatanaka M. Chemical composition of the oyster *Ostrea gigas* Thunb. // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 1940. Vol. 9. P. 21.
950. Hatchett Ch. Experiment and observation on shell and bone // Philos. Trans. Roy. Soc. London. 1799. Vol. 89. P. 315.
951. Hatchett Ch. Chemical experiments on zoophytes, with some observation on the component parts of membrane // Ibid. 1800. Vol. 90. P. 327.
952. Haurowitz F., Waelsch H. Ueber die chemische Zusammensetzung der Qualle *Veilella spirans* // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1926. Bd. 161. S. 300.
953. Hayes F.R. The metabolism of developing salmon eggs. I. The significance of hatching and the role of water in development // Biochem. J. 1930. Vol. 24. P. 723.
954. Hayes F.R., Darcy D.A., Sullivan C.M. Changes in the inorganic constituents of developing salmon eggs // J. Biol. Chem. 1946. Vol. 163. P. 621.
955. Hecht S. Note on the absorption of calcium during the molting of the blue crab *Callinectes sapidus* // Science. 1914. Vol. 39. P. 108.
956. Hecht S. The physiology of *Ascidia*. III. The blood system // Amer. J. Physiol. 1918. Vol. 45. P. 157.
957. Heller K., Wagner C.L. Zur Anreicherung von Kaliumisotopen in Pflanzen // Ztschr. anorg. Chem. 1931. Bd. 200. S. 105.
958. Heller K., Wagner C.L. Zur Anreicherung von Kaliumisotopen in Pflanzen // Ibid. 1932. Bd. 206. S. 152.
959. Hemala R. Zur Frage nach dem unterschiedlichen chemischen Aufbau der verschiedenartig Functionirenden und der histologisch verschiedenartigen Muskeln bei einem und demselben Thiere // Chem. Untersuch., wiss. Med. 1888. Bd. 2. S. 139.
960. Hendey N.I. Copper in diatoms // Nature. 1947. Vol. 159. P. 646.
961. Hendrick J. An edible seaweed // Agr. Stud. Gaz. 1892. Vol. 6. P. 126.
962. Hendrick J. The use and value of seaweed as manure // Trans. Highland Agr. Soc. Scot. Ser. 5. 1898. Vol. 10. P. 118.
963. Hendrick J. The composition and use of certain seaweeds // J. Board. Agr. 1916. Vol. 22. P. 1095.
964. Hendrick J. The chemistry of seaweeds // Nature. 1916. Vol. 102. P. 495.
965. Hendricks S.B., Hill W.L. The nature of bone and phosphate rock // Proc. Nat. Acad. Sci. U.S. 1950. Vol. 36. Pp. 731–737.
966. Henkel J.F. Flora saturnizans, die Verwandtschaft des Pflanzen-mit dem Mineralreich, nach der Natural-Historie und Chemie. Leipzig: Gross, 1755. 608 S.
967. Henriquès V., Roche A. Recherche sur la teneur en fer du muscle dans la série animale: Application aux tissus de la méthode de dosage du fer dans les solutions au moyen du chlorure de titane // Bull. Soc. chim. biol. 1927. Vol. 9. P. 527.
968. Henry O. Notes sur la présence de l'iode dans quelques conferves des eaux d'Evau, de Nérès et de Vichy // J. chim. méd. 1844. Vol. 10. P. 181.
969. Hensen V. von. Ueber die Bestimmung des Planktons oder des im Meer treibenden Materials an Pflanzen und Thieren // Ber. Komm. wiss. Untersuch. Dt. Meere. 1887. Bd. 5. No. 12/16. S. 1–108.
970. Henseval M. Chemie der Auster // Pharm. Ser. 4. 1903. Vol. 16. P. 46.
971. Henze M. Zur Kenntnis des Hämocyanins // Hoppe-Seyler's Ztschr. Physiol. Chem. 1901a. Bd. 33. S. 370.
972. Henze M. Ueber den Kupfergehalt der Cephalopoden-leber // Ibid. 1901b. Bd. 33. S. 417.
973. Henze M. Beiträge zur Muskelchemie der Octopoden // Ibid. 1904. Bd. 43. S. 477.
974. Henze M. Zur Kenntnis der iodbindenden Gruppe der natürlich vorkommenden Iodeweisskörper // Ibid. 1907. Bd. 51. S. 64.

975. Henze M. Chemische Untersuchungen an Octopoden // Ibid. 1908a. Bd. 55. S. 433.
976. Henze M. Notis über die chemische Zusammensetzung der Gerüstsubstanz von *Veleva spirans* // Ibid. 1908b. Bd. 55. S. 445.
977. Henze M. Untersuchungen über das Blut der Ascidien. I. Die Vanadiumverbindung der Blutkörperchen // Ibid. 1911. Bd. 72. S. 494.
978. Henze M. Untersuchungen über das Blut der Ascidien // Ibid. 1912. Bd. 79. S. 215.
979. Henze M. Untersuchungen über das Blut der Ascidien // Ibid. 1913a. Bd. 86. S. 340.
980. Henze M. Über das Vorkommen freier Schwefelsäure in Mantel von *Ascidia mentula* // Ibid. 1913b. Bd. 86. S. 345.
981. Henze M. Ueber das sogenannte "pinnaglobin" // Ibid. 1926. Bd. 162. S. 136.
982. Henze M. Ueber das Vanadiumchromogen des Ascidienblutes // Ibid. 1932. Bd. 213. S. 125.
983. Herberger J.E. Analyse der *Spongia usta* // Rep. Pharm. 1835. Bd. 2. S. 309–327.
984. Herberger J.E. Zusammensetzung der verkohlten feinen Badeschwämme // Ibid. 1836. Bd. 5. S. 60–63.
985. Hercus C.E., Benson W.N., Carter C.L. Endemic goitre in New Zealand, and its relation to the soil-iodine // J. Hyg. 1925. Vol. 24. P. 321.
986. Hereus C.E., Roberts K.C. The iodine content of foods, manures and animal products in relation to the prophylaxis of endemic goitre in New Zealand // Ibid. 1927. Vol. 26. P. 49.
987. Herdman W.A. The presence of calcareous spicula in the Tunicata // Proc. Geol. Soc. Liverpool. 1884. Vol. 5. P. 42.
988. Herdman W.A., Boyce R.W. Lancashire sea-fisheries memoire. No. 1. Oysters and disease, an account of certain observations upon the normal and pathological histology and bacteriology of the oyster and other shellfish // L.M.B.C.Mem. 1900. No. 2, suppl. Pp. 1–60.
989. Hermann K.S.L. Ueber das schlesische Zinkoxyd, und über ein darin gefundenes sehr wahrscheinlich noch unbekanntes Metall // Ann. Phys. 1818a. Bd. 59. S. 95.
990. Hermann K.S.L. Noch ein Schreiben über das neue Metall [Cadmium] // Ibid. 1818b. Bd. 59. S. 113.
991. Hermbstaedt S.F. Ueber der Vorkommen des Broms // Ibid. 1827. Bd. 86. S. 627.
992. Hermbstaedt S.F. Ueber das Brom, sein Vorkommen in verschiedenen Substanzen und die Darstellungen desselben // Abh. preuss. Akad. Wiss. 1828. Bd. 12. S. 85.
993. Hernler F., Philippi E. Die elementare Zusammensetzung verschiedener Häemocyanin // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1933. Bd. 216. S. 110.
994. Heron-Allen E., Earland A. Siliceous shells of Protozoa // Nature. 1930. Vol. 126. P. 436.
995. Hertwig R. A manual of zoology / Transl. and ed. J.S. Kingsley. N.Y.: Holt, 1909. 704 p.
996. Hessel J.F.G. Einfluss des organischen Körper auf den unorganischen in fossil Echinodermen. Marbourg: Krieger, 1826.
997. Hessling Th. von. Die Perlmuscheln und ihre Perlen. Leipzig: Engelmann, 1859. 376 S.
998. Heuverswyn J. van. Sur la teneur élevée en manganèse des branchies d'*Anodonta cygnea* // Arch. Intern. Physiol. 1930. Vol. 32. P. 423.
999. Heyerdahl P.M. New chemical reserches on cod-liver oil // Möller F.P. Cod-liver oil and chemistry. L.: Möller, 1895.
1000. Heyl A. Analyses des officinellen Schwammkohle // J. Liebig's Ann. Chem. 1847. Bd. 62. S. 87.
1001. Heymann J. Iodium in het waterleidingbedrijf // Water. 1925. Bd. 9. S. 39.
1002. Hicks H. On the occurrence of phosphates in the Cambrian rocks // Quart. J. Geol. Soc. London. 1875. Vol. 31. P. 368.
1003. Hierne U. Actor Chemicor Holmiens: 2 vol. Leipzig: Gleditsch, 1753.
1004. Hilger A. Ueber die chemische Zusammensetzung der Schalen und einiger Weichtheile lebender Brachiopoden // J. prakt. Chem. 1867. Bd. 102. S. 418.
1005. Hilger A. Zur Kenntniss der Mineralbestandtheile der Echinodermen und Tunicaten // Pflügers Arch. ges. Physiol. 1875. Bd. 10. S. 212.
1006. Hiltner R.S., Wichmann H.I. Zinc in oysters // J. Biol. Chem. 1919. Vol. 38. P. 205.
1007. Hinard G. Valeur alimentaire du poisson de mer, des crustacés et mollusques marins comestibles // Rev. Trav. Off. Pêches marit. 1931. Vol. 4, no. 4. P. 425.
1008. Hindman E.F., Goodrich F.J. A study of Puget Sound oysters // Amer. Food J. 1917. No. 12. P. 611.
1009. Hinze G. Ueber Schwefeltropfen im innern von Oscillarien // Ber. Dt. bot. Ges. 1903. Bd. 21. S. 394.
1010. Hoagland D.R. Organic constituents of Pacific Coast kelps // J. Agr. Res. 1915. Vol. 4. P. 39.
1011. Hoagland D.R., Lieb L.L. The complex carbohydrates and forms of sulphur in marine algae of the Pacific Coast // J. Biol. Chem. 1915. Vol. 23. P. 287.

1012. Höber R., Höber J. Beobachtungen über die Zusammensetzung des Zellsaftes von *Volania macrophysa* // Pflügers Arch. ges. Physiol. 1928. Bd. 219. S. 260.
1013. Hodges M.A., Peterson W.H. Manganese, copper, and iron content of serving portions of common foods // J. Amer. Diet. Assoc. 1931. Vol. 7. P. 6.
1014. Höfler K. Ueber Eisengehalt und lokale Eisenspeicherung in der Zellwand der Desmidiaceen // Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien. Math.-Naturwiss. Kl. Abt. 1. 1926. Bd. 135. S. 103.
1015. Högbom A.G. Ueber Dolomitbildung und dolomitische Kalkorganismen // Neues Jb. Miner. Geol. Paläontol. 1894. Bd. 1. S. 262.
1016. Holl F. Iode in lebenden Thieren // Trommsdorff N.J. Pharm. 1826. Bd. 12. No. 1. S. 297.
1017. Hollande A.C. Valeur nutritive de la chair de quelques poissons exotiques acclimatés en France // Ann. univ. Grenoble. 1913. Vol. 25. P. 537.
1018. Holland A. La fabrication de l'iode // Rev. gén. Sci. pur. appl. 1926. Vol. 37. P. 674.
1019. Hollenberg G.J. Some physical and chemical properties of the cell sap of *Halicystis ovalis* (Lyngb.) Aresch. // J. Gen. Physiol. 1932. Vol. 15. P. 651.
1020. Holm G. Sveriges Kambrisk-Siluriska Hyolothidae och Conulariidae // Sver. geol. unders. C. 1893. Bd. 112. S. 1–172.
1021. Holmes A.D., Remington R.E. Arsenic content of American cod liver oil // Industr. Eng. Chem. 1934. Vol. 26, no. 5. P. 573.
1022. Home E. Observations on the shell of the sea worm found on the coast of Sumatra, proving it to belong to a species of *Teredo*; with an account of the anatomy of the *Teredo Navalis* // Philos. Trans. Roy. Soc. London. 1806. Vol. 96. P. 276.
1023. Hooker, Sir Joseph Dalton. Flora Antarctica. L.: Reeve Brothers, 1847. Vol. 2. Pp. 209–574.
1024. Hooper D. Foodstuffs [and drugs] // Rep. Ind. Mus. (Industr. Sect.). 1908. P. 13; Exp. Station Rec. 1910. Vol. 22. P. 68.
1025. Hopfer de L'Orme. Iod im berger Leberthram // J. Liebig's Ann. Chem. 1836. Vol. 21. P. 73.
1026. Hornemann G.L. Chemical analysis of sponge // Berlin. Jahrb. Pharm. 1828. Bd. 30. S. 199.
1027. Hornemann G.L. Nachtrag zur chemischen Untersuchung des Meerschwammes // Ibid. 1829. Bd. 31. S. 65.
1028. Horner L. On an artificial substance resembling shell // Philos. Mag. 1836. Vol. 8. P. 545.
1029. Horner L. On an artificial substance resembling shell // Ibid. 1837. Vol. 10. P. 201.
1030. Hosoi K. The exchange of calcium ions and water between sea-anemones and the surrounding medium // Sci. Rep. Tohōku Univ. Ser. IV. 1935. Vol. 10. P. 377.
1031. Hotter E. Ueber das Vorkommen des Bor im Pflanzenreich und dessen physiologische Bedeutung // Landw. Versuchsw. 1890. Bd. 37. S. 437.
1032. Hovasse R. Contribution à l'étude des silicoflagellés // Bull. Biol. 1932. Vol. 66. P. 448.
1033. Hovasse R. Ebriacées, dinoflagellés et radiolaires // C.r. Acad. sci. 1934. Vol. 198, no. 4. P. 402.
1034. HowH. On the comparative composition of some recent shells, a Silurian fossil shell and a Carboniferous shell limestone // Amer. J. Sci. Ser. 2. 1866. Vol. 41. P. 379.
1035. Howe M.A. The geologic importance of the lime-secreting algae, with a description of a new travertine forming organism // Prof. Pap. U.S. Geol. Surv. 1932. No. 170. P. 57.
1036. Howell W.H. Observations upon the chemical composition and coagulation of the blood of *Limulus polyphemus*, *Callinectes hastatus* and *Cucumaria* sp. // J. Hopkins Univ. Circ. 1885a. Vol. 5. P. 4.
1037. Howell W.H. The presence of hemoglobin in the echinoderms // Ibid. 1885b. Vol. 5. P. 5.
1038. Huarachi L.G. Chemical analysis of the sea urchin ovary // Rev. farm. Peru. 1942. Vol. 11, no. 123. P. 14.
1039. Hubbell R.B., Mendel L.B. Zinc and normal nutrition // J. Biol. Chem. 1927. Vol. 75. P. 567.
1040. Hubrecht A.A. Untersuchungen über Nemertinen aus dem Golf von Neapel // Nederl. Ark. zool. 1874. Bd. 2. S. 99.
1041. Huddleston W.H. On the chemical analyses of rocks // Quart. J. Geol. Soc. London. 1875. Vol. 31. P. 376.
1042. Hüfner G. Zur physikalischen Chemie des Schwimblasengase // Arch. Anat. Physiol. 1892. S. 54.
1043. Hugouneauq L. Sur une albumine extraite des oeufs de poissons; chimie comparée des productions sexuelles dans la même espèce // C. r. Acad. sci. 1904. Vol. 138. P. 1062.
1044. Humboldt A. von. Florae fribergensis specimen, plantas Cryptogamicas praesertim subterraneas exhibens. Berolini: Rottmann, 1793. 189 p.
1045. Humboldt F.H.A. von. Versuche über die electrischen Fische // Ann. Phys. 1806. Bd. 22. S. 1.
1046. Hundeshagen F. Ueber iodhaltige Spongien und Iodospongien // Ztschr. angew. Chem. 1895. Bd. 8. S. 473.

1047. *Hünefeld L.* Ueber das Blut der Regenwürmer // J. prakt. Chem. 1839. Bd. 16. S. 152.
1048. *Hungerford H.B.* Oxyhaemoglobin present in backswimmer *Buenoa margaritacea* Bueno (Hemiptera) // Canad. Entomol. 1922. Vol. 54. P. 262.
1049. *Hunt T.S.* Contributions to the chemistry of natural waters // Amer. J. Sci. Ser. 2. 1865. Vol. 39. P. 176.
1050. *Hunt T.S., Logan W.E.* On the chemical composition of recent and fossil Lingulae and some other shells // Ibid. 1854. Vol. 17. P. 235.
1051. *Hunter A.C., Harris C.W.* Bacteriology and chemistry of oysters, with special reference to regulatory control of production, handling, and shipment // Techn. Bull. U.S. Dep. Agr. 1928. No. 64. Pp. 1–75.
1052. *Hutchinson A.* On the mineralogical character of the skeleton of *Astrosclella willeyana* // Zool. Res. 1902. Vol. 6. P. 735.
1053. *Hutchinson G.E.* The biogeochemistry of aluminum and of certain related elements // Quart. Rev. Biol. 1943. Vol. 18. Pp. 1, 128, 242, 331.
1054. *Hutchinson G.E., Setlow J.K., Brooks J.L.* Biochemical observations on *Asterias forbesi* // Bull. Bingham Oceanogr. Coll. 1946. Vol. 9, no. 3. P. 3.
1055. *Hutchinson G.E., Wollack A.* Biological accumulators of aluminium // Trans. Conn. Acad. Arts. Sci. 1943. Vol. 35. P. 73.
1056. *Hutner S.H., Provasoli L.* The phytoflagellates // Biochemistry and physiology of the Protozoa. N.Y.: Acad. press, 1951.
1057. *Hyams I.F., Richards E.H.* Notes on *Oscillaria prolifica* (Greville) // Technol. Quart. 1904. Vol. 17. P. 270.
1058. *Hyman L.H.* The water content of Medusae // Science. 1938. Vol. 87. P. 166.
1059. *Hyman L.H.* Observations and experiments on the physiology of Medusae // Biol. Bull. Woods Hole. 1940. Vol. 79. Pp. 282–296.
1060. *Hyman L.H.* Water content of Medusae // Nature. 1943. Vol. 151. P. 140.
1061. *Igelsrud L., Thompson T.G., Zwicker B.M.G.* The boron content of sea-water and of marine organisms // Amer. J. Sci. Ser. 5. 1938. Vol. 35. P. 47.
1062. *Illari G.* *Gelidium corneum* of the Straits of Messina // Ann. chim. appl. 1944. Vol. 34. P. 76.
1063. *Immermann F.* Beiträge zur Altersbestimmung der Fische. II. Die innere Struktur der Schollen – Otolithen // Wiss. Meeresuntersuch. N.F. 1906. Bd. 8. S. 129.
1064. *Irvine R., Woodhead G.S.* On the secretion of lime by animals // Proc. Roy. Soc. Edinburgh. 1887. Vol. 15. P. 308.
1065. *Irvine R., Woodhead G.S.* Secretion of carbonate of lime by animals // Ibid. 1889. Vol. 16. P. 324.
1066. *Isenbruch J.* Ueber den Iodgehalt unserer Nahrung // Schr. naturforsch. Ges. Danzig. 1927. Bd. 18. S. 112.
1067. *Ishibashi M., Sahara R.* On the inorganic constituents of some Japanese seaweeds // J. Chem. Soc. Jap. 1940. Vol. 61. P. 277. (In Japanese.)
1068. *Issoglio G.* La chimica degli alimenti: 2 vol. Torino: Unione tipografica-editrice torinese, 1927. 862 p.
1069. *Itallie L. von.* Ueber das Vorkommen von Jodium in *Fucus vesiculosus* und *Chondrus crispus* // Arch. Pharm. 1889. Bd. 227. S. 1132.
1070. *Itallie L. von, Zande J. von der.* Het Iodiumgehalt van zeegras // Pharm. Weekbl. 1916. Bd. 53. S. 705.
1071. *Jacobs W.* Untersuchungen zur Physiologie der Schwimmblase der Fische. II. Die Volumregulation in der Schwimmblase des Flussbarsches // Ztschr. vergl. Physiol. 1932. Bd. 18. S. 125.
1072. *Jacobs W.* Untersuchungen zur Physiologie der Schwimmblase der Fische. III // Ibid. 1934. Bd. 20. S. 674.
1073. *Jadin F., Astruc A.* La présence de l'arsenic dans la regne végétal // Bull. Pharm. Sud-Est. 1912. Vol. 17. P. 597.
1074. *Jaekel O.* Über fragliche Tunicaten aus dem Perm Siciliens // Palaöntol. Ztschr. 1915. Bd. 2. S. 66.
1075. *Jäger A.* Die Physiologie der Schwimmblase der Fische // Biol. Zbl. 1904. Bd. 24. S. 129.
1076. *Jäger A.* Zur Physiologie der Schwimmblase der Fische // Anat. Anz. 1906. Bd. 29. S. 683.
1077. *Jaillard D.* Les huîtres vertes // Ann. Hyg. Publ. Ser. 3. 1881. Vol. 5. P. 275.
1078. *James H.* Analyse der Asche von *Fucus vesiculosus* // J. Liebigs Ann. Chem. 1845. Bd. 54. S. 352.
1079. *Janney N.W.* The protein content of muscle // J. Biol. Chem. 1916. Vol. 25. P. 185.
1080. *Jansen B.C.P.* Extraktivstoffe aus den Schließmuskeln von *Mytilus edulis* // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1913. Bd. 85. S. 231.
1081. *Jansen B.C.P.* Contributions à la connaissance de la biochimie des muscles des invertébrés. I. Les substances extractives du muscle de fermeture de *Mytilus edulis* // Arch. néerl. sci. Ser. 3. Bd. 1914. Vol. 2. P. 130.

1082. *Jarvis N.D.* Iodine content of Pacific Coast sea foods // Univ. Wash. Publ. (Fish.). 1928. Vol. 1. P. 239.
1083. *Jarvis N.D., Clough R.W., Clark E.D.* Iodine content of Pacific Coast salmon // Ibid. 1926. Vol. 1, no. 6. P. 109.
1084. *Javillier M.* Le magnésium et la vie: Le magnésium engrais et le magnésium aliment // Bull. Soc. chim. biol. 1930. Vol. 12. P. 709.
1085. *Javillier M., Crémieu M.A.* Prospore nucléique, bilans et rapport phosphorés chez quelques animaux entiers en particulier des invertébrés // Ibid. 1928. Vol. 10. P. 338.
1086. *Jay H.* Sur la dispersion de l'acide borique dans la nature // C. r. Acad. sci. 1895. Vol. 121. P. 896.
1087. *Jay H.* Sur la dissémination de l'acide borique // Bull. Soc. chim. France. Ser. 3. 1896. Vol. 15. P. 33.
1088. *Jeffrey E.C.* The nature of some supposed algal coals // Proc. Amer. Acad. 1910. Vol. 46. Pp. 273–290.
1089. *Jenkins J.T.* Alterbestimmung durch Otolithen bei den Clupeiden // Wiss. Meeresuntersuch. N.F. 1902. Bd. 6. S. 81.
1090. *Jirkovský R.* Příspěvek k poznání českých sladkovodních travertinů se stanoviska biochemického // Mem. Czech. Soc. Sci. Div. Hist. Math. 1926. Vol. 35, no. 29. Pp. 1–13.
1091. *Jodin V.* Études sur les algues unicellulaires // Ann. agron. 1888. Vol. 14. P. 241.
1092. *John J.F.* Chemische Tabellen des Tierreichs. B.: Maurer'ssche Buchh., 1814.
1093. *John J.F.* Beitrag zur chemischen Kenntnis verschiedener Fester und flüssiger tierischer Substanzen // Arch. Anat. Physiol. 1818. Bd. 4. S. 428.
1094. *John J.F.* Ueber die Ernährung der Pflanzen im Allgemeinen und den Ursprung der Pottasche und anderer Salze in ihnen insbesondere. B.: Rücker, 1819.
1095. *Johnson S.W.* Seaweed as a fertilizer // Amer. Chemist. 1872. Vol. 2. P. 297.
1096. *Johnston J., Merwin H.E., Williamson E.D.* The several forms of calcium carbonate // Amer. J. Sci. 1916. Vol. 41. P. 473.
1097. *Jolles M., Jolles A.* Analyse van Carrageen-Moos // Jber. Öff. Chem. Mikrosk. Lab. Wien. Ph. Post. 1895. Bd. 29. S. 205. Abstr. in: Just's Jber. 1896. Bd. 24. No. 2. S. 452.
1098. *Joly J.* An estimate of the geological age of the Earth // Sci. Proc. Roy. Dublin Soc. Ser. 2. 1899. Vol. 7. P. 23.
1099. *Joly J.* On the geological age of the Earth // Rep. Brit. Assoc. 1900. P. 369.
1100. *Jolyet F., Regnard P.* Recherches sur la respiration des animaux aquatiques // Arch. Physiol. Ser. 2. 1877. Vol. 4. P. 584.
1101. *Jonas L.E.* (Analysis of sponge) // J. Chem. méd. 1828. Vol. 4. P. 383.
1102. *Jonas L.E.* Ueber das Vorkommen des Broms und einer geringen Spur Iod in den eingesalzenen Häringen (*Clupea harengus*) // J. Liebig's Ann. Chem. 1838. Bd. 26. S. 346.
1103. *Jones A.J.* The arsenic content of some of the marine algae // Pharm. J. 1922. Vol. 109. P. 86.
1104. *Jones D.B.* The nutritional value of oysters and other sea food // Amer. J. Publ. Health. 1926. Vol. 16. P. 1177.
1105. *Jones D.B., Moeller O., Gersdorff C.E.F.* The nitrogen distribution and percentages of some amino acids in the muscle of the shrimp, *Peneus setiferus* (L.) // J. Biol. Chem. 1925. Vol. 65. P. 59.
1106. *Jones E.J.* Examination of nodular stones obtained by trawling of Colombo // Rec. Geol. Surv. Ind. 1888. Vol. 21. P. 35.
1107. *Jones E.J., McCance R.A., Shackleton L.R.B.* The role of iron and silica in the structure of the radula teeth of certain marine molluscs // J. Exp. Biol. 1935. Vol. 12. P. 59.
1108. *Jones J.M.* Contributions to the natural history of the Bermudas // Proc. N.S. Inst. Sci. 1867. Vol. 2, no. 2. P. 7.
1109. *Jones P.E.H.* Ueber die anorganische Bestandteile des Krebspanzers // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1934. Bd. 226. S. 1.
1110. *Jones T.R.* On quartz, chalcedony, agate, flint, chert, jasper, and other forms silica, geologically considered // Proc. Geol. Assoc. 1876. Vol. 4. P. 439.
1111. *Jones T.W.* The blood corpuscle considered in its different phases of development in the animal series. Mem. II. Invertebrata // Philos. Trans. Roy. Soc. London. 1846. Vol. 136. P. 89.
1112. *Jordan H.* Ueber die Rolle des Hämocyans bei der Atmung // Ztschr. vergl. Physiol. 1925. Bd. 2. S. 381.
1113. *Jordan H., Schwarz B.* Einfache Apparate zur Gasanalyse und Mikrorespirometrie in bestimmten Gasmischen, und über die Bedeutung des Hämoglobins beim Regenwurm // Pflügers Arch. ges. Physiol. 1920. Bd. 185. S. 311.
1114. *Jorpes E.* On the chemical composition of the island of Langerhans in the monkfish (*Lophius piscatorius*) // J. Biol. Chem. 1930. Vol. 86. P. 469.

1115. *Jowett W.C., Davies W.* A chemical study of some Australian fish // Pamphl. Inst. Sci. Ind. Austral. 1938. Vol. 85. Pp. 1–40.
1116. *Joy C.A.* Analyse des Narwall-Zahns und des Gehäuses von *Helix pomatia* // J. Liebigs Ann. Chem. 1852. Bd. 82. S. 365.
1117. *Joyeux-Laffule J.* Organisation et développement de l'Oncidie // Arch. zool. exp. 1882. Vol. 10. P. 225.
1118. *Juday C., Birge E.A.* A second report on the phosphorus content of Wisconsin lake waters // Trans. Wis. Acad. Sci. Arts. Lett. 1931. Vol. 26. P. 353.
1119. *Junk W. (ed.)*. Tabulae Biologicae. B.: Junk, 1925–1947. Vol. 23.
1120. *Kahane E.* Sur la silice des silicodermés // Bull. Soc. Chem. biol. 1935. Vol. 17. P. 1554.
1121. *Kaitiro K., Ebina R.* Teneur en eau dans le sang des diverses espèces de poissons // Keijo J. Med. 1936. Vol. 7. P. 327.
1122. *Kalle K.* Phosphat und Gesamtposphor in Beziehung zu Temperatur, Salzgehalt und Plankton an der Oberfläche der Isländischen Küstengewässer // Ber. Dt. Komm. Meeresforsch. N.F. 1933. Bd. 6. S. 273.
1123. *Kamachi T.* Beiträge zur Embryochemie der Cephalopoden // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1936. Bd. 238. S. 91.
1124. *Kamen M.D.* Survey of contemporary knowledge of biogeochemistry. I. Isotopic phenomena in biogeochemistry // Bull. Amer. Mus. Natur. Hist. 1946. Vol. 87, no. 2. P. 101.
1125. *Kapeller Th.* Krebspulver // Ztschr. Untersuch. Nahr.- und Genussm. 1909. Bd. 18. S. 230.
1126. *Kapeller-Adler R., Csató T.* Über das Auftreten von Methylierten Stickstoffverbindungen im Seetang // Biochem. Ztschr. 1930. Bd. 224. S. 378.
1127. *Kapeller-Adler R., Krael J.* Untersuchungen über die Stickstoffverteilung in den Muskeln verschiedener Tierklassen // Ibid. 1930a. Bd. 221. S. 437.
1128. *Kapeller-Adler R., Krael J.* Untersuchungen über die Stickstoffverteilung in den Muskeln verschiedener Tierklassen // Ibid. 1930b. Bd. 224. S. 364.
1129. *Kariyone T., Terasaki Y.* Content of boron in agar and algae // J. Pharm. Soc. Jap. 1931. Vol. 51. P. 110.
1130. *Kerrer J.* Micrometabolism of *Nereocystis* // Publ. Puget Sd. Mar. (Biol.). Station. 1916. Vol. 1, no. 21. P. 227.
1131. *Katz J.* Die mineralischen Bestandtheile des Muskelfleisches // Pflügers Arch. ges. Physiol. 1896. Bd. 63. S. 1.
1132. *Kawaduti S.* Hemerythrin found in the blood of *Lingula* // Mem. Fac. Sci. Agr. Tohoku Univ. 1941. Vol. 23. Pp. 95–98.
1133. *Kawaguchi T., Simizu Z., Tani A., Tanami Yui.* Difference of chemical composition in various parts of canned crab (*Paralithodes camtschatica*) // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 1936. Vol. 4. P. 415.
1134. *Kawai T.* On the chemical composition of the ovary of *Octopus ocellatus* // Acta Sci. Med. Univ. Kioto. 1928. Vol. 2. P. 137.
1135. *Kawamoto N.* Oxygen capacity of the blood of certain invertebrates which contains haemoglobin // Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. IV. 1928. Vol. 3. P. 561.
1136. *Kay H.D.* Iodine liberator from *Laminaria* // Nature. 1929. Vol. 123. P. 317.
1137. *Keilin D.* On cytochrome, a respiratory pigment, common to animals, yeast, and higher plants // Proc. Roy. Soc. London B. 1925. Vol. 98. P. 312.
1138. *Keilin D., Hartree E.F.* Relationship between haemoglobin and erythrocrurin // Nature. 1951. Vol. 168. Pp. 266–269.
1139. *Keilin D., Mann T.* Carbonic anhydrase: Purification and nature of the enzyme // Biochem. J. 1940. Vol. 34. P. 1163.
1140. *Kellner O.* (Utilisation of Norwegian fish guano) // Landw. Versuchsw. 1878. Bd. 20. S. 423.
1141. *Kelly A.* Ueber Conchit, eine neue Modifikation des konlensauren Kalkes // Sitzungsber. Bayer. Akad. Wiss. (Math.-Phys. Kl.). 1900. Bd. 30. S. 187.
1142. *Kelly A.* Beiträge zur mineralogischen Kenntnis der Kalkausscheidungen im Tierreich // Jena. Ztschr. Naturwiss. 1901. Bd. 35. S. 429.
1143. *Kelly A.* Beobachtungen über das Vorkommen von Ätherschwefelsäuren, von Taurin und Glycin bei niederen Tieren // Beitr. chem. Physiol. und Pathol. 1904. Bd. 5. S. 377.
1144. *Kennitz G.A. von.* Untersuchungen über den Stoffbestand und Stoffwechsel den Larven von *Gastrophilus equi* (Clark), nebst Bemerkungen über den Stoffbestand der Larven von *Chironomus* (spec.?) // Ztschr. Biol. 1916. Bd. 67. S. 129.
1145. *Kemp A.F.* On the shore zones and limits of marine plants on the north-eastern coast of the United States // Canad. Natur. 1862. Vol. 7. P. 20.

1146. *Kensington E.T.* Composition of some of the food fishes // Bull. U.S. Fish Comm. 1884. Vol. 4. P. 74.
1147. *Kernot J.C., Speer N.E.* Das Vorkommen von labilem Phosphor im Fischmuskel // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1933. Bd. 215. S. 1.
1148. *Kessel E.* Ueber den Bau der *Haliotis*-Schale // Zool. Anz. 1936a. Bd. 113. S. 290.
1149. *Kessel E.* Ueber Verfärbung mariner Molluskenschalen durch Einlagerung von Eisen // Ibid. 1936b. Bd. 115. S. 129.
1150. *Keys A.B.* Chloride and water secretion and absorption by gills of the eel // Ztschr. vergl. Physiol. 1931. Bd. 15. S. 364.
1151. *Kiaer J.* The Downtonian fauna of Norway // Skr. Vidensk. Selsk. Christ. Math.-Naturvid. Kl. 1924. Bd. 1. S. 1-139.
1152. *Kinch E.* Contributions to the agricultural chemistry of Japan // Trans. Asiat. Soc. Jap. 1880. Vol. 8, no. 4. P. 369.
1153. *Kirchoff G., Bunsen R.* Chemical analysis by spectrum-observation // Philos. Mag. Ser. 4. 1860. Vol. 20. P. 89.
1154. *Kirchoff G., Bunsen R.* Chemical analysis by spectrum-observations. Mem. 2 // Ibid. 1861. Vol. 22. P. 329.
1155. *Kirchoff G., Bunsen R.* Analyse chimique fondée sur les observations du spectre // Ann. chim. (phys.). Ser. 2. 1861. Vol. 62. P. 452.
1156. *Kirkpatrick R.* On *Merlia normanii*, a sponge with a siliceous and calcareous skeleton // Quart. J. Microsc. Sci. 1910-1911. Vol. 56. P. 657.
1157. *Kirmann A.* Contribution à l'étude des hémoglobines. Le groupe prosthétique de l'hémoglobine de Chironome // Bull. Soc. chim. biol. 1930. Vol. 12. P. 1146.
1158. *Kisch B.* Harnstoff Untersuchungen bei Selachiern // Biochem. Ztschr. 1930. Bd. 225. S. 197.
1159. *Klähn H.* Ueber Süßwasserdolomite // Ztschr. Dt. geol. Ges. (Monatsber.). 1926. Bd. 78. S. 212.
1160. *Klaproth M.H.* Chemische Untersuchung des Uranits, einer neuentdeckten metallischen Substanz // Crell's Chem. Annal. 1789. Bd. 12. No. 2. S. 387.
1161. *Klaproth M.H.* Recherches sur l'acide fluorique contenu dans une dent fossile d'éléphant // Mém. Acad. Roy. Sci. Berlin, 1804. P. 136.
1162. *Klas Z.* Quelques remarques sur la présence du iode chez les algues adriatiques // Acta bot. Zagreb. 1932. Vol. 7. P. 59.
1163. *Klason P.* Ueber die chemische Zusammensetzung von Tangarten // Sven. kem. tidskr. 1935. Bd. 47. S. 215.
1164. *Klebahn H.* Ueber die Gasvakuolen der Cyanophyceen // Atti Congr. Intern. limnol. teor. appl. 1927. Vol. 17. P. 409.
1165. *Klebs G.* Über die Organisation der Gallerte bei einigen Algen und Flagellaten // Untersuch. Bot. Inst. Tübingen. 1886. Bd. 2. S. 333.
1166. *Klement C.* Ueber die Bildung des Dolomits // Tschermak's Mitt. 1895. Bd. 14. S. 526.
1167. *Klement R.* Der Fluorgehalt der Knochen und Zähne // Ber. Dt. chem. Ges. 1935. Bd. 68. S. 2012.
1168. *Knauthe K.* Die Karpfenzucht. Neudamm: Neumann, 1901. 389 S.
1169. *Knauthe K.* Dass Süßwasser, chemische, biologische und bacteriologische Untersuchungsmethoden unter besonderer Berücksichtigung der Biologie und der Fischereiwirtschaftlichen Praxis. Neudamm: Neumann, 1907. 663 S.
1170. *Knauthe K.* // Fisch. Ztg. 1919. Bd. 20. S. 225.
1171. *Knoll Ph.* Über die Blutkörperchen bei wirbellosen Thieren // Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien. (Math.-Naturwiss. Kl.). 1893. Bd. 102, Abt. 3. S. 440.
1172. *Kobayashi S.* The spectroscopic observations on porphyrin found in the integument of the earthworm *Allobophora foetida* (Sav.) // Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. IV. 1928. Vol. 3. P. 467.
1173. *Kobayashi S.* The spectral properties of haemoglobin in the Holothurians *Caudina chilensis* (J. Müller) and *Molpadia roretzii* (Marenzeller) // Ibid. 1932. Vol. 7. P. 211.
1174. *Kobayashi S.* Chemical composition of the body fluid of an ascidian, *Chelyosoma siboja* Oka // Ibid. 1935. Vol. 9. P. 407.
1175. *Kobayashi S.* The spectral properties of haemoglobin in the earthworms, *Pheretima communissima* (Goto et Hatai) and *Pheretima hilgendorfi* (Michaelsen) // Ibid. 1936. Vol. 10. P. 733.
1176. *Kobza Z., Prát S.* The chemical analyses of some Cyanophyceae and Algae // Bull. Intern. Acad. Cracovie. 1929. Vol. 30. P. 16.
1177. *Kodzuka T.* Über den Farbstoff des Seeohrs // Tohoku J. Exp. Med. 1921, 1929. Vol. 2. P. 287.

1178. *Koettstorfer J.* Zum Nachweis von Iod im Meerwasser // *Ztschr. anal. Chem.* 1878. Bd. 17. S. 305.
1179. *Koga A.* Recherches récentes sur la question de la teneur en zinc de noyaux isolés // *Keijo J. Med.* 1934a. Vol. 5. P. 80.
1180. *Koga A.* Répartition du zinc dans les organes des animaux // *Ibid.* 1934b. Vol. 5. P. 97.
1181. *Kohl F.G.* Anatomisch-physiologische Untersuchung der Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze: Diss. Marburg, 1889.
1182. *Köhler H.* Mirkochemische Untersuchung der Schneckenzenzen // *Ztschr. Ges. Naturwiss.* 1856. Bd. 8. S. 106.
1183. *Kohn C.A.* The presence of iron and of copper in green and in white oysters // *Rep. Brit. Assoc. Trans. Sect. I.* 1896. P. 986.
1184. *Kohn C.A.* Notes on the occurrence of iron and of copper in certain oysters // *Rep. Brit. Assoc.* 1898. P. 562.
1185. *Koizumi F.* Exchange and the equilibrium of water and electrolytes in a holothurian, *Caudina chilensis* (J. Müller). IV. Inorganic composition of the corpuscles of the body fluid // *Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. IV.* 1935. Vol. 10. P. 277.
1186. *Koizumi F., Hosoi K.* On the inorganic composition of the medusae: *Aequorea coerulescens* (Brandt), *Dactylometra pacifica* Goette and *Cyanea capillata* Eschscholtz // *Ibid.* 1936. Vol. 10. P. 709.
1187. *Kojima K.* Das Eisen in normalen und pathologischen Geweben und seine biologische Bedeutung // *Nagoya J. Med. Sci.* 1930. Vol. 5. P. 34.
1188. *Koken E.* Ueber Fisch-otolithen, insbesondere über diejenigen der nord-deutschen Oligocän-Ab lagerungen // *Ztschr. Dt. geol. Ges.* 1884. Bd. 36. S. 500.
1189. *Koken E.* Neue Untersuchungen an tertiären Fische-Otolithen // *Ibid.* 1888. Bd. 40. S. 274.
1190. *Kolbe R.W.* Studien über die Diatomeenflora des Spenberger Salzgebiets: Inaug. Diss. Jena, 1926.
1191. *Kolbe R.W.* Grundlinien einer allgemeinen Ökologie der Diatomeen // *Ergebn. Biol.* 1932. Bd. 8. S. 221.
1192. *Kolkwitz R.* Ueber die Standorte der Salzpflanzen // *Ber. Dt. Bot. Ges.* 1917. Bd. 35. S. 518.
1193. *Kolkwitz R.* Ueber die Standorte der Salzpflanzen. II. *Plantago maritima* // *Ibid.* 1918. Bd. 36. S. 636.
1194. *Kolkwitz R.* Ueber die Standorte der Salzpflanzen. IV. *Erythraea linariifolia* // *Ibid.* 1919. Bd. 37. S. 420.
1195. *Koller G.* Weitere Untersuchungen über Farbwechsel und Farbwechselhormone bei *Crangon vulgaris* // *Ztschr. vergl. Physiol.* 1930. Bd. 12. S. 632.
1196. *Kollo C., Antescu K.* The iodine content of the sea algae of the Rumanian Black Sea coast // *Arch. Pharm.* 1942. Vol. 280. P. 317.
1197. *König J.* Der Gehalt der Menschlichen Nahrungsmittel and Nahrungstoffen in Vergleich zu ihren Preisen // *Ztschr. Biol.* 1876. Bd. 12. S. 497.
1198. *König J.* Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel. B.: Springer, 1879. 248 S.
1199. *König J.* Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel. B.: Springer, 1903. Bd. 1–3.
1200. *König J., Bettels J.* Die Kohlenhydrate der Meeresalgen und daraus hergestellter Erzeugnisse // *Ztschr. Untersuch. Nahr.- und Genussm.* 1905. Bd. 10. S. 457.
1201. *König J., Grossfeld J.* Das Fischsperma als Nahrungsmittel für den Menschen // *Biochem. Ztschr.* 1913. Bd. 54. S. 333.
1202. *König J., Grossfeld J.* Ueber Fischsperma und Fischrogen (Kaviar) // *Ztschr. Untersuch. Nahr.- und Genussm.* 1914. Bd. 27. S. 502.
1203. *König J., Splittberger A.* Die Bedeutung des Fischfleisches als Nahrungsmittel // *Ibid.* 1909. Bd. 18. S. 497.
1204. *König J., Thienemann A., Limprich R.* Der Einfluss des Futterfettes auf das Körperfett der Karpfen // *Ibid.* 1912. Bd. 23. S. 177.
1205. *Kôno M.* Chemical studies on coccids produced in Japan. IV. Inorganic matters, carbohydrates and enzymes of *Cerococcus muratae* Kuw. // *J. Agr. chem. Soc. Jap.* 1933. Vol. 9. P. 775.
1206. *Korschelt E.* Perlen: Altes und neues über ihre Struktur, Herkunft und Verwertung // *Fortschr. naturwiss. Forsch.* 1912. Bd. 7. S. 111.
1207. *Kossel A., Edebacher S.* Beiträge zur chemischen Kenntnis der Echinidermen // *Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem.* 1915. Bd. 94. S. 264.
1208. *Kost H.* Ueber die Struktur und die chemische Zusammensetzung einiger Muschelschalen: Diss. Würzburg, 1853.
1209. *Kratzmann E.* Der mikrochemische Nachweis und die Verbreitung des Aluminiums im Pflanzenreich // *Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien. Math.-Naturwiss. Kl. Abt. I.* 1913. Bd. 122, H. 2. S. 311.

1210. *Kressler K.* Bleichen der Badeschwämme // Schweigger's J. Chem. Phys. 1832. Bd. 64. S. 371.
1211. *Krieger G.S.E.* De otolithis: Med. Diss. B., 1840. 34 S.
1212. *Kringstad H.* Spektralanalytische Bestimmung kleinster Bleimengen in organischen Material insbesondere Konserven // Angew. Chem. 1935. Bd. 48. S. 536.
1213. *Krogh A.* Dissolved substances as food of aquatic organisms // Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc. 1931. Vol. 6. P. 412.
1214. *Krogh A.* Conditions of life in the ocean // Ecol. Monogr. 1934. Vol. 4. P. 421.
1215. *Krogh A.* Osmotic regulation in aquatic animals. Cambridge: Univ. press, 1939. 242 p.
1216. *Krogh A., Berg K.* Ueber die chemische Zusammensetzung des Phytoplanktons aus dem Frederiksborg Schlossee und ihre Bedeutung für die Maxima der Cladoceren // Intern. Rev. Hydrobiol. 1931. Bd. 25. S. 204.
1217. *Krogh A., Lange E.* Qualitative Untersuchungen über Plankton, Kolloide und gelöste organische und anorganische Substanzen in dem Furesee // Ibid. 1932. Bd. 26. S. 20.
1218. *Kronfeld P., Scheminzi F.* Beiträge zur physikalisch-chemischen Biologie der Forellenentwicklung. II. Wachstum, Dotterresorption und Wasserhaushalt // Arch. Entw. Mech. Org. 1926. Bd. 107. S. 129.
1219. *Krüger.* Ueber das Iodin in *Fucus vesiculosus* der Ostsee // Schweigger's J. Chem. Phys. 1821. Bd. 32. S. 292.
1220. *Krukenberg C.F.W. von.* Neue Thatsachen für eine vergleichende Physiologie der Phosphoreszenzerscheinungen bei Thieren und bei Pflanzen // Vergl. Physiol. Stud. Heidelberg. Ser. 2. 1877. Abt. 4. S. 77.
1221. *Krukenberg C.F.W. von.* Zur Kenntnis des Haemocyanins seiner Verbreitung im Tierreiche // Zbl. med. Wiss. 1880. Bd. 23. S. 417.
1222. *Krukenberg C.F.W. von.* Vergleichend-physiologische Studien an den Küsten der Adria. Heidelberg: Winter, 1881–1882. Bd 2.
1223. *Krukenberg C.F.W. von.* Manganese ohn nachweisbare Mengen von Eisen in den Konkretionem aus dem Bojanusschen Organ von *Pinna squamosa* // Untersuch. physiol. Inst. Heidelberg. 1882. Bd. 4. S. 287.
1224. *Kuhn R., Hand D.B., Florkin M.* Ueber die Natur der Peroxydase // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1931. Bd. 201. S. 255.
1225. *Kumano M.* Chemical analysis of the pericardial fluid and the blood of *Ostrea circumpecta* Pils. // Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. IV. 1929. Vol. 4. P. 281.
1226. *Kumon T.* Chemie der Gastropodeneier // J. Biochem. 1933. Vol. 18. P. 145.
1227. *Kunckell F.* Ueber die chemische Zusammensetzung der Schalen von *Crania*, *Terebratula* und *Waldheimia* // J. prakt. Chem. 1899. Bd. 59. S. 101.
1228. *Kunz G.F., Stevenson C.H.* The book of the pearl: The history, art, science, and industry of the queen of gems. N.Y.: The Century co, 1908. 548 p.
1229. *Kuo-Hao Lin.* Chemical analysis of sharks' fins // J. Biochem. 1926a. Vol. 6. P. 323.
1230. *Kuo-Hao Lin.* Chemical analysis of the muscle of the crab, *Grapsus nankin* (Pang-Hsieh) // Ibid. 1926b. Vol. 6. P. 409.
1231. *Kuo-Hao Lin, Chao-Chi Chen.* Chemical analysis of the sea slug, *Stichopus japonicus* Selenka (Hai Shen) // Chin. J. Physiol. 1927. Vol. 1. P. 169.
1232. *Kupffer A.* Ueber die chemische Zusammensetzung der baltischsilurischen Schichten // Arch. Naturk. Eestis. 1870. Bd. 5. S. 69.
1233. *Kupzis J.* Die biochemischen Vorgänge im Schwefel- und Moorbade Kemmern in Lettland // Zbl. Bacteriol. Ser. 2. 1928. Bd. 76. S. 48.
1234. *Kuroda K.* Études sur la teneur en eau dans le sang du salmon (*Oncorhynchus keta* Walbaum) au cours de son développement // Keijo J. Med. 1935. Vol. 6. P. 41.
1235. *Kuroda K., Ebina R.* Teneur en eau dans le sang de diverses espèces de poissons // Ibid. 1936. Vol. 7, no. 3. P. 327.
1236. *Kurtz A.C., Luck J.M.* Studies on annelid muscle. I. Taurine in *Audouinia spirabranthus*, Moore // J. Biol. Chem. 1935. Vol. 111. P. 577.
1237. *Kützing F.T.* Phycologia generalis oder Anatomie, Physiologie und Systemkunde der Tange. Leipzig: Brockhaus, 1843. 458 S.
1238. *Kützing F.T.* Die kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen. Nordhausen: Köhne, 1844. 152 S.
1239. *Kylin H.* Ueber das Vorkommen von Iodiden, Bromiden und Iodidoxidasen bei den Meeresalgen // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1929. Bd. 186. S. 50.
1240. *Kylin H.* Ueber die iodidspaltende Fähigkeit der Phaeophyceen // Ibid. 1930. Bd. 191. S. 200.

1241. *Labbé A.* Sur la présence de spicules siliceux dans les téguments des onciadiés // C. r. Acad. sci. 1933a. Vol. 197. P. 533.
1242. *Labbé A.* Les onciadiés, mollusques à silice // Ibid. 1933b. Vol. 197. P. 697.
1243. *Lafon M.* Sur la composition du tégument des Crustacés // C. r. Soc. biol. 1941. Vol. 135. P. 1003.
1244. *Lafon M., Mayol F.* Sur la teneur en iode et l'ioduration des schleroprotéines constituant l'ax corné des Gorgonidés // Ibid. 1948. Vol. 142. P. 360.
1245. *Lagrange R., Tchakirian A.* Sur la détermination spectrographique de quelques éléments existant en traces dans certaines algues calcaires (*Lithothamnium calcareum*) // C. r. Acad. sci. 1939. Vol. 209. P. 58.
1246. *Laidlaw P.P.* Some observations on blood pigments // J. Physiol. 1904. Vol. 31. P. 464.
1247. *Lami R.* Libération de l'iode des ioduques de *Bonnemaisonia asparagoides* sous l'action des rayons ultraviolets // C. r. Acad. sci. 1930. Vol. 191. P. 863.
1248. *Lane A. C.* The chemical evolution of the ocean // J. Geol. 1906. Vol. 14. P. 221.
1249. *Langdon S.C., Gailey W.R.* Carbon monoxide a respiration product // J. Amer. Chem. Soc. 1920. Vol. 42. P. 641.
1250. *Langworthy C.F.* Fish as food // Bull. U.S. Dep. Agr. 1898. Vol. 85. Pp. 1–32.
1251. *Lankester E.R.* Observations with the spectroscope // J. Anat. 1868. Vol. 2. P. 114.
1252. *Lankester E.R.* Ueber das Vorkommen von Haemoglobin den Muskeln der Mollusken und die Verbreitung desselben in den lebendigen Organismen // Pflügers. Arch. ges. Physiol. 1871. Bd. 4. S. 315.
1253. *Lankester E.R.* A contribution to the knowledge of haemoglobin // Proc. Roy. Soc. London. 1873. Vol. 21. P. 70.
1254. *Lankester E.R.* *Limulus* an arachnoid // Quart. J. Microsc. Sci. 1881. Vol. 21. P. 504.
1255. *Lankester E.R.* On the skeleto-trophic tissues and coxal glands of *Limulus*, *Scorpio*, and *Mygale* // Ibid. 1884. Vol. 24. P. 129.
1256. *Lapicque L.* Variation saisonnière dans la composition chimique des algues marines // C. r. Acad. sci. 1919. Vol. 169. P. 1426.
1257. *Laporta M.* Sulla costituzione della emocianina di *Octopus* // Boll. Soc. ital. biol. sperim. 1932. Vol. 7. P. 630.
1258. *Laugier A.* Examen chimique des matières salines contenues dans la liqueur qu'on obtient, lorsqu'on fait fondre des Méduses... // Ann. Mus. hist. natur. 1810. Vol. 16. P. 341.
1259. *Lavini G.* Essai chimique sur le byssus de la *Pinna nobilis* L. // Mem. Roy. Accad. Torino. 1835. Vol. 38. P. 111.
1260. *Lavoisier A.L.* Oeuvres de Lavoisier. P.: Imprimerie Impériale, 1868. Vol. 4. 775 p.
1261. *La Wall C.H., Harrison J.W.E.* The arsenic content of chondrus // J. Amer. Pharm. Assoc. 1934. Vol. 23. P. 308.
1262. *Lawrence R.D., Millar H.R.* Protein content of earthworms // Nature. 1945. Vol. 155. P. 517.
1263. *Lebedinzeff A.* Gasaustausch im abgeschlossenen natürlichen Wasserbecken und seine Bedeutung für die Fischerei // Intern. Fisch.-Kongr. Wien, 1905. S. 213; Tabellen im Anhänge. S. 410–412.
1264. *Lechartier G., Bellamy F.* Sur la présence du zinc dans le corps des animaux et dans les végétaux // C. r. Acad. sci. 1877. Vol. 84. P. 687.
1265. *Lecoq de Biosbaudran P.E.* Caractères chimiques et spectroscopiques d'un nouveau métal, le gallium, découvert dans une blende de la mine de Pierrefitte, Vallée d'Argelès (Pyrénées) // Ibid. 1875. Vol. 81. P. 493.
1266. *Lecoq de Biosbaudran P.E.* Nouvelles raies spectrales observées dans les substances extraites de la samarskite // Ibid. 1879. Vol. 88. P. 322.
1267. *Ledebr J.F. von.* Über die Sekretion und Resorption von Gasen in der Fischschwimmblase // Biol. Rev. Cambridge. Philos. Soc. 1937. Vol. 12. P. 217.
1268. *Lederer E.* Sur l'isolement et la constitution chimique de la bonelline, pigment vert de *Bonellia viridis* // C. r. Acad. sci. 1939. Vol. 209. P. 528.
1269. *Lehmann K.B.* Hygienische Studien über Kupfer. II. Der Kupfergehalt der menschlichen Nahrungsmittel // Arch. Hyg. 1895. Bd. 24. S. 18.
1270. *Leiner M.* Die Physiologie der Fischtmung. Leipzig: Akad. Verl., 1938. 134 S.
1271. *Leiner M., Leiner G.* Der Zinkgehalt in den Augen von Knochenfischen // Biol. Zbl. 1942. Bd. 62. S. 119.
1272. *Leitch I.* The function of haemoglobin in invertebrate with special reference to *Planorbis* and *Chironomus* larvae // J. Physiol. 1916. Vol. 50. P. 370.

1273. *Leitgeb H.* Die Incrustation der Membran von *Acetabularia* // Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien. Math.-Naturwiss. Kl. Abt. I. 1877. Bd. 96. S. 13.
1274. *Lelièvre J., Ménager Y.* Dosage simultané de l'iode minéral et organique dans les algues // C. r. Acad. sci. 1924. Vol. 178. P. 1315.
1275. *Lelièvre J., Ménager Y.* Application aux *Laminaria flexicaulis* de la méthode d'analyse par combustion // Ibid. 1925. Vol. 180. P. 536.
1276. *Leloup J.* Action des antithyroïdiens (aminothiazol et phénylthiouree) sur la cuprémie dans la série des Vertébrés // Bull. Soc. chim. biol. 1947. Vol. 29. Pp. 582–595.
1277. *Leloup J.* Influence d'un abaissement de salinité sur la cuprémie de deux Téléostéens marins: *Maraena hebena* L., *Labrus bergylta* Asc. // C. r. Soc. biol. 1948. Vol. 142. Pp. 178–179.
1278. *Leloup J.* Iodémie et état sexuel chez *Torpedo marmorata* Rus. // Ibid. 1949a. Vol. 143. Pp. 214–216.
1279. *Leloup J.* Variations de la cuprémie au cours du cycle sexuel chez *Torpedo marmorata* Rus. // Ibid. 1949b. Vol. 143. Pp. 216–218.
1280. *Leloup J.* L'iodémie des Téléostéens marins // Ibid. 1949c. Vol. 143. Pp. 330–332.
1281. *Lemberg R.* Chromoproteins of red algae. I // J. Liebig's Ann. Chem. 1928. Bd. 461. S. 46.
1282. *Lemberg R.* Über die Pigmente der *Haliotis californiensis* // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1931. Bd. 200. S. 173.
1283. *Lemery L.* Sur le fer des plantes // Mém. Acad. roy. sci. 1707a. P. 38.
1284. *Lemery L.* Que les plantes contiennent réellement du fer, et que ce métal entre nécessairement dans leur composition naturelle // Ibid. 1707b. P. 411.
1285. *Lemoine M.P.* Structure anatomique des Mélobésuées // Ann. Inst. océanogr. Monaco. 1910. Vol. 2, fasc. 2. Pp. 1–213.
1286. *Lendenfeld R. von.* A monograph of the Australian sponges. VI. The genus *Euspongia* // Proc. Linn. Soc. N.S.W. 1886. Vol. 10. P. 481.
1287. *Lepierre Ch.* Considerações acerca de análises de sardinhas frescas Agua e gordura // Rev. chim. 1936. Vol. 26. P. 90.
1288. *Lepierre Ch.* Nutritive value of canned Portuguese sardines // Food. 1937. Vol. 7. P. 49.
1289. *Lepierre Ch.* Trace elements in fresh and canned sardines // C. r. 18th Congr. chim. industr. Nancy. 1938. P. 213.
1290. *Letellier A.* De la fonction urinaire chez les mollusques acéphales // Bull. Sos. Linn. Normand. Ser. 4. 1887a. Vol. 1. P. 316.
1291. *Letellier A.* Étude de la fonction urinaire chez les mollusques acéphales: Thèse. P., 1887b.
1292. *Letts E.A., Richards E.H.* Sewage polluted seawater // Munic. J. and Eng. 1911. Vol. 30. P. 887.
1293. *Leuckart R.* Über das Vorkommen und die Verbreitung des Chitins bei den wirbellosen Thieren // Arch. Naturgesch. 1852. Bd. 18. S. 22.
1294. *Leulier A., Bernard A.* Sur le dosage des métaux alcalins dans l'eau de mer, et le milieu intérieur de quelques invertébrés marins // Bull. Soc. chim. biol. 1931. Vol. 13. P. 133.
1295. *Levene P.A.* Some chemical changes in the developing fish egg // Bull. U.S. Fish Comm. 1899. Vol. 19. P. 153.
1296. *Lewis H.P.* On *Bolopora undosa* gen. et sp. nov.: A rock-building Bryozoan with phosphatized skeleton, from the basal Arenig rocks of Ffestiniog (North Wales) // Quart. J. Geol. Soc. London, 1926. Vol. 82. P. 411.
1297. *Leydig F. von.* Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere. Frankfurt: Hamm, 1857. 551 S.
1298. *Leydig F. von.* Naturgeschichte der Daphniden (Crustacea, *Cladocera*). Tübingen: Laupp und Siebeck, 1860. 252 S.
1299. *Lichtenfeld H.* Über die chemische Zusammensetzung einiger Fischarten, warum und wie sie periodisch wechselt // Pflügerg. Arch. ges. Physiol. 1904. Bd. 103. S. 353.
1300. *Liebig J.* Chemistry in its application to agriculture and physiology. Philadelphia: Campbell, 1843. Pp. 10–135.
1301. *Liebisch W.* Experimentelle und kritische Untersuchungen über die Pektinmembran der Diatomeen unter besonderer Berücksichtigung der Auxosporenbildung und der Kratikalzustände // Ztschr. Bot. 1929–1930. Bd. 22. S. 1.
1302. *Limpricht H.* Vorläufige Notiz über einige Bestandteile der Fleischflüssigkeit von Fischen // J. Liebig's Ann. Chem. 1863. Bd. 127. S. 185.
1303. *Linck G.* Ueber die Bildung der Carbonate des Calciums, Magnesiums und Eisens, in C. Doelter's Handbuch der Mineralchemie. Dresden: Steinkopff, 1912. Bd. 1. 113 S.

1304. *Linck G.* Der Stahlenkalk von Steinheim eine Cladophore // Chem. Erde. 1930. Bd. 6. S. 72.
1305. *Lindemann W.* Über einige Eigenschaften der Holothurienhaut // Ztschr. Biol. 1899. Bd. 39. S. 18.
1306. *Lindemuth J.R.* Composition of certain fish fertilizers from the Pacific Coast and the fertilizer value of degreased fish scrap // J. Industr. Eng, Chem. 1915. Vol. 7. P. 615.
1307. *Lindow C.W., Elvehjem C.A., Peterson W.H.* The copper content of plant and animal foods // J. Biol. Chem. 1929. Vol. 82. P. 465.
1308. *Lindow C.W., Peterson W.H.* The manganese content of plant and animal materials // Ibid. 1927. Vol. 75. P. 169.
1309. *Lingelsheim A.* Kelp, Varech, Goémon: Bemerkungen zur Nomenklatur // Ber. Dt. pharm. Ges. 1930. Bd. 268. S. 324.
1310. *Lingen J. van der, Hogben L.* The perivisceral fluid of *Cucumaria frankenfeldi* // Trans. Roy. Soc. S. Afr. 1928. Vol. 16. P. 205.
1311. *Linnarsson G., Tullberg S.A.* Beskrifning till kartbladet *Vreta kloster* // Sver. geol. unders. As. 1882. Bd. 83. S. 5–45.
1312. *Linnert K.* Enthält Kaviar (Stör-resp. Hauseneier) Purinbasen? // Biochem. Ztschr. 1909. Bd. 18. S. 209.
1313. *Linstow O. von.* Die natürliche Anreicherung von Metallsalzen und anderen anorganischen Verbindungen in den Pflanzen // Repert. nov. Spec. Regn. veg. 1924. Suppl. 31.
1314. *Lipman C.B., Shelley P.E.* The chemical composition of *Lithothamnium* from various sources // Publ. Carnegie Inst. Wash. 1924. Vol. 19. P. 193.
1315. *Lippmann E.O. von.* Ueber einige seltene Bestandtheile der Rübenasche // Ber. Dt. chem. Ges. 1888. Bd. 21. No. 2. S. 3492.
1316. *Lippmann E.O. von.* Einige seltene Bestandteile der Aschen von Zuckerfabriks-produkten // Ibid. 1925. Bd. 58. S. 426.
1317. *Lupschütz A.* Über den Hungerstoffwechsel der Fische // Ztschr. allg. Physiol. 1911. Bd. 12. S. 118.
1318. *Lister J.J.* *Astrosclera willeyana*, the type of a new family of sponges // Willey's Zool. Results. 1900. Vol. 4. P. 459.
1319. *Lister J.J.* The Foraminifera // A treatise on zoology / Ed. by E.R. Lankester. L.: Adam and Charles Black, 1903. Pt. 1: Introduction and Protozoa, fasc. 2. Pp. 47–149.
1320. *Liversidge A.* Presence of gold in natural saline deposits and marine plants // J. Chem. Soc. 1897. Vol. 71. P. 298.
1321. *Lochhead J.H., Lochhead M.S.* Studies on the blood and related tissues in *Artemia (Crustacea anostraca)* // J. Morphol. 1941. Vol. 68. P. 593.
1322. *Loew O., Bokorny Th.* Chemisch-physiologische Studien über Algen // J. prakt. Chem. N.F. 1887. Bd. 36. S. 272.
1323. *Lohmann K.* Über die Aufspaltung der Adenylpyrophosphorsäure und Argininphosphorsäure in Krebsmuskulatur // Biochem. Ztschr. 1935. Bd. 282. S. 109–119.
1324. *Löhner L.* Zur Kenntnis der oligodynamischen Metall-giftwirkungen auf die lebendige Substanz. II. Ueber der Einfluss der Wasser-kupferung auf Hämocyanintiere // Pflügers. Arch. ges. Physiol. 1924. Bd. 203. S. 524.
1325. *Loppens K.* Note zur la composition chimique et la formation des coquilles chez les mollusques // Ann. Soc. zool. malacol. Belg. 1920a. Vol. 51. P. 75.
1326. *Loppens K.* Influence du milieu sur la composition chimique des Zoécies des Bryozoaires marins // Ibid. 1920b. Vol. 51. P. 91.
1327. *Loring F.H., Druce J.G.F.* Potassium: Its radioactivity, its isotopes and its association with the phenomena of life // Chem. News. 1930. Vol. 140. P. 34.
1328. *Losana L., Croce P.E.* (Utilization of the ashes of marine plants from Lybia) // Ann. chim. appl. 1923. Vol. 7. P. 37.
1329. *Lossen W.* Notiz über die Auffindung von sehr kleinen Mengen Kupfer im thierischen Theilen // J. prakt. Chem. 1865. Bd. 96. S. 460.
1330. *Loubatié R.* La fixation de l'iode à l'état organisé dans le corps de l'huître vivante // Bull. Sos. sci. Arcachon. 1930. Vol. 27. P. 69.
1331. *Lovern J.A., Wood H.* Variations in the chemical composition of herring // J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 1937. Vol. 22. P. 281.
1332. *Low E.M.* Iodine and bromine in sponges // J. Mar. Res. 1949. Vol. 8. P. 97.
1333. *Low E.M.* Halogenated amino acids to the bath sponge // Ibid. 1951. Vol. 10. Pp. 239–245.
1334. *Löwe W.F.* Note on the presence of copper in oysters // Analyst. 1897. Vol. 22. P. 86.

1335. Löwign C., Kölliker A. De la composition et de la structure des enveloppes des Tuniciers // Ann. sci. natur. (Zool.). Ser. 3. 1846. Vol. 5. P. 193.
1336. Lowndes A.C. Percentage of water in jelly-fish // Nature. 1942. Vol. 150. P. 234.
1337. Luce R.H., Pohl A.W. Nature of crystals found in amoeba // Science. 1935. Vol. 82. P. 595.
1338. Ludwig H. Die natürlichen Wässer in ihren chemischen Beziehungen zu Luft und Gesteinen. Erlangen: Enke, 1862. 336 S.
1339. Lunde G. Om forekomsten og fordelingen av i naturen, og dets detydning for det organiske liv // Naturen. 1927a. Bd. 51. S. 65.
1340. Lunde G. Ueber die Iod ausscheidung durch den Harn und über Kropfprophylaxe mit Meerfischen // Ber. Intern. Kropfkonferen. 1927b. 24–26 Aug. S. 532.
1341. Lunde G. Ueber die Geochemie und Biochemie des Iods mit besonderer Berücksichtigung der norwegischen Kropfprophylaxe // Wien. klin. Wochenschr. 1928. Bd. 40. S. 1559.
1342. Lunde G. Ueber die Kristallart des Calciumcarbonats in Otolithen von *Gadus morrhua* // Biochem. Ztschr. 1929. Bd. 206. S. 436.
1343. Lunde G., Boøe J., Closs K. Iodine content of American marine animals // J. Cons. intern. explor. mer. 1930. Vol. 5. P. 216.
1344. Lunde G., Closs K. An iodine liberator from *Laminariae* // Nature. 1929. Vol. 124. P. 578.
1345. Lunde G., Closs K. Ueber die Bindungsart des Iods bei *Laminaria digitata* // Biochem. Ztschr. 1930. Bd. 219. S. 198.
1346. Lunde G., Closs K., Haaland H., Madsen S.O. Jodinnholdet i norsk fisk og fiskeprodukter (mit deutscher Zusammenfassung) // Aarsberetn. norg. fisk. 1928. No. 4. S. 1–41.
1347. Lunde G., Scharrer K., Schropp W. Vergleichende Fütterungsversuche mit Fleischmehl, Heringsmehl und Dorschmehl an Mastschweinen // Arch. Tierernähr. Tierz. 1931. Bd. 7. S. 21.
1348. Lupton S. Copper in feathers // Chem. News. 1873. Vol. 28. P. 212.
1349. Lustig B., Ernst T., Reuss E. Die Zusammensetzung des Blutes von *Helix pomatia* bei Sommer- und Winter-tieren // Biochem. Ztschr. 1937. Bd. 290. S. 95.
1350. Lux H. Die Häufigkeit der seltenen Erden in Tierknochen // Ztschr. anorg. Chem. 1939. Bd. 240. S. 21.
1351. Luzanski N. Spørgsmålet om arseninnholdet i marine naevingsmidler // Tidsskr. Kemi. Bergv. 1935. Bd. 15. S. 154.
1352. Lynch V. Chemistry of the whitefish sperm // J. Biol. Chem. 1920. Vol. 44. P. 319.
1353. Maas O. Ueber die Wirkung der Kalkentziehung auf die Entwicklung der Kalkschwämme // Sitzungsber. Ges. Morphol. Physiol. 1904. Bd. 20. S. 4.
1354. Macadam S. Ueber das Vorkommen von Iod in verschiedenen Pflanzen, mit einigen Bemerkungen über dessen allgemeine Verbreitung // J. prakt. Chem. 1852. Bd. 57. S. 264.
1355. Macallum A.B. On the distribution of assimilated iron compounds other than haemoglobin and haematin in animal and vegetable cells // Quart. J. Microsc. Sci. 1895. Vol. 38. P. 175.
1356. Macallum A.B. On the inorganic composition of the medusae, *Aurelia flavidula* and *Cyanea arctica* // J. Physiol. 1903. Vol. 29. P. 213.
1357. Macallum A.B. The inorganic composition of the blood in vertebrates and invertebrates and its origin // Proc. Roy. Soc. London B. 1970. Vol. 82. P. 602.
1358. Macallum A.B. The paleochemistry of the body fluids and tissues // Physiol. Rev. 1926. Vol. 6. P. 316.
1359. MacDonald R.M.E. An analytical subject bibliography of the publications of the Bureau of Fisheries, 1871–1920 // Rep. U.S. Comm. Fisch. 1929. App. 5, doc. 899.
1360. Macie J.L. An account of some chemical experiments on tabasheer // Philos. Trans. Roy. Soc. London. 1791. Vol. 81. P. 368.
1361. MacMunn C.A. Observations on the chromatology of Actiniae // Proc. Roy. Soc. London. 1885. Vol. 38. P. 85.
1362. MacMunn C.A. On the presence of haematoporphyrin in the integument of certain invertebrates // J. Physiol. 1886. Vol. 7. P. 240.
1363. Maier H.N. Beiträge zur Altersbestimmung der Fische // Wiss. Meeresuntersuch. Helgoland. 1906. Bd. 8. S. 57.
1364. Malaguti F.J., Durocher J., Sarzeaud. Recherches sur la présence du plomb, du cuivre et du argent dans l'eau de la mer et sur l'existence de ce dernier métal dans les plantes et les êtres organisés // Ann. chim. (phys.). Ser. 3. 1850. Vol. 28. P. 129.
1365. Malcol J. Food values of New Zealand fish. 10. Seasonal variations in Stewart Island oysters // Trans. Proc. N.Z. Inst. 1928. Vol. 59, no. 4. P. 668.

1366. *Maly R.* Notizen über die Bildung freier Schwefelsäure und einige andere chemische Verhältnisse der Gastropoden, besonders von *Dolium galea* // Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien. 1880. Bd. 81, Abt. 2. S. 376.
1367. *Manery J.F., Irving L.* Water changes in trout eggs at the time of laying // J. Cell. Comp. Physiol. 1935. Vol. 5, no. 4. P. 457.
1368. *Mangenot C.* Algues utiles: Thesis Med. Fac. P., 1883.
1369. *Mangenot C.* Sur la localisation des iodures dans les cellules des algues // Bull. Soc. bot. France. 1928. Vol. 75. P. 519.
1370. *Mangin L.* Observations sur les diatomées // Ann. sci. natur. (Bot.). Ser. 9. 1908. Vol. 8. P. 177.
1371. *Mankin W.R.* The occurrence of molybdenum in the egg of the domestic fowl: A preliminary communication // Med. J. Austral. 1928. Vol. 2. P. 87.
1372. *Mann G.* Some observations on Spirogyra // Trans. Bot. Soc. Edinburgh. 1891. Vol. 18. P. 421.
1373. *Manning J.R.* Fish and shellfish for food // Mem. U.S. Bur. Fish. 1934. No. 2256-B. Pp. 1–4.
1374. *Marcelet H.* L'arsenic et le manganèse dans quelques végétaux marins // Bull. Inst. océanogr. Monaco. 1913. No. 258. Pp. 1–6; no. 265. Pp. 1–4.
1375. *Marcelet H.* Les huiles d'animaux marins // Chim. et industr. 1925. Vol. 13. P. 707.
1376. *Marcet W.* Chemical examination of the fluid from the peritoneal cavity of the nematode Entozoa // Proc. Roy. Soc. London. 1865. Vol. 14. P. 69.
1377. *Marchand E.* Composition des cendres de *Fucus* // J. pharm. chim. 1865. Vol. 2, no. 4. P. 276.
1378. *Marchand E.* Composition des cendres végétales // Ann. chim. (phys.). Ser. 4. 1866. Vol. 8. P. 320.
1379. *Marchand R.F.* Ueber die chemische Zusammensetzung der Knochen // J. prakt. Chem. 1842. Bd. 27. S. 83.
1380. *Margraf A.S.* Chemische Schriften. B.: Weber, 1768.
1381. *Marks G.W.* The copper content and copper toleration of some species of mollusks of the Southern California coast // Biol. Bull. Woods. Hole. 1938. Vol. 75. P. 224.
1382. *Marrian G.F.* A note on haemerythrine // Brit. J. Exp. Biol. 1927. Vol. 4. P. 357.
1383. *Marshall S.M., Nicholls A.G., Orr A.P.* On the biology of *Calanus finmarchicus*. V. Seasonal distribution, size, weight and chemical composition in Loch Striven in 1933 and their relation to the phytoplankton // J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 1934. Vol. 19. P. 793.
1384. *Marsson Th.* Ueber den bedeutenden Bromgehalt der Asche des *Fucus vesiculosus* aus der Ostsee, so wie über die Entdeckung des Broms neden Iod // Arch. Pharm. Ser. 2. 1851. Bd. 66. S. 281.
1385. *Martelli D.* Composizione chimica e valora alimentare del tonno conservato sotto l'olio // Staz. sper. agr. ital. 1895. Vol. 28. P. 225.
1386. *Maschke O.* Studien über amorphie Kieselsäure und deren Abscheidung aus wässrigen Lösungen // Ann. Phys. 1872. Bd. 146. S. 90.
1387. *Masing E.* Ueber das Verhalten der Nucleinsäure bei der Forschung des Seeigeleis // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1910. Bd. 67. S. 161.
1388. *Masters M., McCance R.A.* The sulphur content of foods Biochem. J. 1939. Vol. 33. P. 1304.
1389. *Masuda E.* Ueber die Iodverbindungen in Meerestangen // Proc. Imp. Acad. Jap. 1933. Vol. 9, no. 10. P. 599.
1390. *Masuda E.* Iodine in seaweeds. IV. Triiodoacetaldehyde // J. Pharm. Soc. Jap. 1935. Vol. 55. P. 625.
1391. *Masumoto B., Masumoto M., Hibino M.* Biochemical studies of Magaki (*Ostrea gigas Thunberg*). I. The difference according to sex in the chemical composition of *Ostrea gigas Thunberg* // J. Sci. Hirochima Univ. A. 1932. Vol. 2, no. 2. P. 155.
1392. *Mathews A.* Zur Chemie der Spermatozoen // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1897. Bd. 23. S. 399.
1393. *Matignon C.* L'industrie de l'iode, son histoire, son état actuel // Rev. gén. sci. pur. appl. 1914. Vol. 25. P. 511.
1394. *Matsui H.* On the relation between the chemical constituents of "asakusa-nori" (*Porphyra laciniata*) and its quality // J. Coll. Agr. Tokyo. 1916a. Vol. 5. P. 391.
1395. *Matsui H.* Studies in the chemical composition of "tarabagani" (*Paralithodes camtschatica*) // Ibid. 1916b. Vol. 5. P. 396.
1396. *Matsui H.* On the chemical changes of "shio kara" during its ripening and preservation and the action of common salt on it // Ibid. 1916c. Vol. 5. P. 405.
1397. *Matsui H.* Chemical studies in some marine algae, chief material of "kanten" // Ibid. 1916d. Vol. 5. P. 413.

1398. *Matteuci C.* Recherches physiques, chimiques, et physiologiques sur la torpille // Ann. sci. natur. Ser. 2. 1837. Vol. 8. P. 193.
1399. *Matthes H., Wallrabe G.* Die Zusammensetzung ostpreussischer Trinkwässer mit besonderer Berücksichtigung des Iod- und Alkaligehaltes // Schr. phys.-ökon. Ges. Königsberg. 1927. Bd. 66. No. 2. S. 1–48.
1400. *Maumené E.J.* Sur l'existence du manganèse dans les plantes et son rôle dans la vie animale // Bull. Soc. chim. France. Ser. 2. 1884. Vol. 42. P. 305.
1401. *Mayer A.* Düngerwert einiger Seestrandprodukte // J. Landw. 1889. Bd. 37. S. 42.
1402. *Mayer A.G.* The law governing the loss of weifht in starving *Cassiopea* // Publ. Carnegie Inst. Wash. 1914. Vol. 6. P. 57.
1403. *Mayer F.K.* Röntgenographische Untersuchungen über die Modifikationen des Kalziumkarbonates in Gastropodenschalen // Chem. Erde. 1931. Bd. 6. S. 239.
1404. *Mayer F.K.* Ueber die Modifikation des Kalziumkarbonates in Schalen und Skeletten rezenter und fossiler Organismen // Ibid. 1932. Bd. 7. S. 346.
1405. *Mayer F., Weineck E.* Die Verbreitung der Kalziumkarbonates in Tierreich, unterbesonderer Berücksichtigung der Wirbellosen // Jena. Ztschr. Naturwiss. 1932. Bd. 66. S. 199.
1406. *Mazzocco P.* (Iodine in food in Salta) // Sem. méd. Buenos. Aires. 1930. Vol. 37. P. 364.
1407. *McCance R.A.* The chemistry of growth and the food value of the common eel [*Anguilla anguilla* (L.)] // Biochem. J. 1944. Vol. 38. P. 474.
1408. *McCance R.A., Masters M.* The chemical composition and the acid base balance of *Archidoris britanica* // J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 1937. Vol. 22. P. 273.
1409. *McCance R.A., Shackleton L.R.* The metallic constituents of marine gastropods // Ibid. 1937. Vol. 22. P. 269.
1410. *McCance R.A., Shipp H.L.* The magnesium and other inorganic constituents of some marine invertebrates // Ibid. 1933. Vol. 19. P. 293.
1411. *McCay C.M.* The biochemistry of fish // Annu. Rev. Biochem. 1937. Vol. 6. P. 445.
1412. *McCay C.M., Tunison A.V., Crowell M., Paul H.* The calcium and phosphorus content of the body of the brook trout in relation to age, growth, and food // J. Biol. Chem. 1936. Vol. 114. P. 259.
1413. *McClendon J.F.* On artificial parthenogenesis of the sea-urchin egg // Science. 1909. Vol. 30. P. 454.
1414. *McClendon J.F.* The action of anesthetics in preventing increase of cell permeability // Amer. J. Physiol. 1915. Vol. 38. P. 173.
1415. *McClendon J.F.* The world's supply of iodine in relation to the prevention of goitre // Science. 1922. Vol. 56. P. 269.
1416. *McClendon J.F., Hathaway J.C.* The inverse relation between iodine in food and drink goiter, simple and exophthalmic // J. Amer. Med. Assoc. 1924. Vol. 82. P. 1668.
1417. *McClendon J.F., Takeo I.* Iodine and goiter with especial reference to the Far East // J. Biol. Chem. 1933. Vol. 102. P. 91.
1418. *McCrudden F.H.* Pharmakologische und chemische Studien über Barben- und Hechtrogen // Arch. Exp. Pathol. Pharmakol. 1921. Bd. 91. S. 46.
1419. *M'Crummen D.* On the manufacture of kelp // Tran. Highland. Agr. Soc. Scot. N.S. 1847. Vol. 3. P. 75.
1420. *McGuigan H.* Note on the composition of *Limulus* blood ash // Science. 1907. Vol. 25. P. 68.
1421. *McHargue J.S.* The significance of the occurrence of copper, manganese and zinc in shellfish // Ibid. 1924. Vol. 60. P. 530.
1422. *McHargue J.S.* The occurrence of copper, manganese, zinc, nickel and cobalt in soils, plants and animals and their possible functions as vital factors // J. Agr. Res. 1925. Vol. 30. P. 193.
1423. *McHargue J.S.* The proportion and significance of copper, iron, manganese, zinc in some mollusks and crustaceans // Trans. Ky. Acad. Sci. 1927. Vol. 2. P. 46.
1424. *Meigen W.* Eine einfache Reaction zur Untersuchungen von Aragonit und Kalkspath // Zbl. Miner. Geol. Paläontol. 1901. S. 577.
1425. *Meigen W.* Beiträge zur Kenntniss des kohlenäuren Kalkes // Ber. naturforsch. Ges. Freiburg. B. 1903. Bd. 13. S. 40.
1426. *Meigen W.* Ueber kohlenäure Kalk // Ver. Ges. Dt. Naturforsch. Ärzt. 1910. Bd. 2. S. 120.
1427. *Meigs E.B.* The ash of clam muscle in relation to its osmotic properties // J. Biol. Chem. 1915. Vol. 22. P. 493.
1428. *Mellor J.W.* A comprehensive treatise on inorganic and theoretical chemistry. L.: Longmans, Green and co, 1923–1924. Vol. 3. 927 p.; Vol. 5. 1004 p.

1429. *Melnikoff P.* Untersuchungen über das Vorkommen des kohlensäuren Kalkes im Pflanzen: Inaug. Diss. Bonn, 1877.
1430. *Mendel L.B.* Brief contribution to physiological chemistry. I. On the occurrence of iodine in corals // Amer. J. Physiol. 1901. Vol. 4. P. 243.
1431. *Mendel L.B.* Über das Vorkommen von Taurin in den Muskeln von Weichtieren // Beitr. Chem. Physiol. Pathol. 1904. Bd. 5. S. 582.
1432. *Mendel L.B., Bradley H.C.* Experimental studies on the physiology of the mollusks. II. The inorganic constituents of the liver of *Sycotypus* // Amer. J. Physiol. 1905. Vol. 14. P. 313.
1433. *Mênil D. du.* Chimische Zergliederung der Fischknochen (Hechtsknochen) // Trommsdorff N.J. Pharm. Ser. 4. 1820. Bd. 1. S. 273.
1434. *Merat-Guillot B.* Comparée des os de l'homme avec ceux de différents animaux // Ann. chim. (phys.). 1797. Vol. 34. P. 68.
1435. *Merker E.* Die Richtung der Molekeln im Kalkskelett der Stachelhäuter und ihre mitmassliche Ursache // Biol. Zbl. 1921. Bd. 41. S. 110.
1436. *Merz A.R.* On the composition of giant kelps // J. Industr. Eng. Chem. 1914. Vol. 6. P. 19.
1437. *Métherie J.-Cl. de la.* Discours préliminaire // J. phys. chim. hist. natur. 1800. Vol. 50. P. 3.
1438. *Metzner H., Köhler E.* Neue Untersuchungen über die Zusammensetzung der Körpersubstanz einiger Seefische // Fischerbote. 1931. Bd. 23. S. 235.
1439. *Meunier P.* Nouvelle méthode d'identification et de dosage de très petites quantités d'aluminium dans les végétaux // Bull. Soc. chim. biol. 1935. Vol. 17. P. 548.
1440. *Meunier P.* Sur la présence et la répartition de l'aluminium dans les tissus animale // C. r. Acad. sci. 1935. Vol. 203. P. 891.
1441. *Meyen F.J.F.* Neues System der Pflanzen-Physiologie. B.: Haude und Spener, 1837–1839. Bd. 1–3.
1442. *Meyer A.* Notiz über die Zusammensetzung des Zellsaftes von *Valonia utricularis* // Ber. Dt. bot. Ges. 1891. Bd. 9. S. 77.
1443. *Meyer J.A.* Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung wirbelloser Tiere // Wiss. Meeresuntersuch. (Abt. Kiel.). 1914. Bd. 16. S. 233.
1444. *Meyerhof O.* Untersuchungen über die Wärmetönung der vitalen Oxydationsvorgänge in Eiern // Biochem. Ztschr. 1911. Bd. 35. S. 246.
1445. *Meyrac V.* Note sur l'existence des iodures et bromures alcalines dans les plantes de la famille des oscillariées, qui vivent dans les eaux thermales de Dax (département des Landes) // C. r. Acad. sci. 1850. Vol. 30. P. 475.
1446. *Miaybe sic Kingo.* Report on the investigations on the marine resources of Hokkaido. III. On the Laminariaceae and Laminaria industries of Hokkaido // Publ. Fish. Bur. Hokkaido. 1902.
1447. *Michaelis A.* Lehrbuch der anorganischen Chemie. 5. Aufl. Braunschweig: Vieweg, 1878. Bd. 1. 856 S.
1448. *Miescher F.* Die Histochemischen und Physiologischen Arbeiten von Friedrich Miescher. Leipzig: Vogel, 1897. 543 S.
1449. *Miller C.D., Robbins R.C.* Nutritive value of the marine alga Limu konu // Rep. Hawaii Agr. Exp. Station. 1936. P. 64.
1450. *Milne-Edwards H.* Recherches pour servir à l'histoire de la circulation du sang chez les Annelides // C. r. Acad. sci. 1837. Vol. 5. P. 607.
1451. *Milone U.* Compositione, valore nutritivo ed assimilabilità della carne muscolare dei pesci // Boll. Soc. natur. Napoli. 1896. Vol. 10. P. 311.
1452. *Milroy T.H.* The physical and chemical changes taking place in the ova of certain marine teleosteans during maturation // Rep. Fish. Bard. Scot. 1898. Vol. 16. P. 135.
1453. *Milroy T.H.* Changes in the chemical composition of the herring during the reproductive period // Biochem. J. 1908. Vol. 3. P. 366.
1454. *Minchin E.A.* Materials for a monograph of the ascons. I. On the origin and growth of the triradiate and quadriradiate spicules in the family Clathrinidae // Quart. J. Microsc. Sci. 1898. Vol. 40. P. 469.
1455. *Minchin E.A.* Sponge-spicules: A summary of present knowledge // Ergehn. Zool. 1910. Bd. 2. S. 171.
1456. *Misk É.* L'étain dans l'organisme humain // C. r. Acad. sci. 1923. Vol. 176. P. 138.
1457. *Mitolo M.* Metalli e metalloidi non comuni negli organismi: Presenza e distribuzione, significato biologico, metodi analitici. Rome: Guggiani, 1932. 365 p.
1458. *Mitscherlich E.* Entwicklung und Zusammensetzung der Conferven // J. prakt. Chem. 1848. Bd. 43. S. 158.

1459. *Moberg E.G.* Chemical composition of marine plankton // Proc. 3rd Pan-Pacif. Sci. Congr. 1928a. Vol. LP. P. 233.
1460. *Moberg E.G.* The interrelation between diatoms, their chemical environment and upwelling of water in the sea of the coast of Southern California // Proc. Nat. Acad. Sci. U.S. 1928b. Vol. 14. P. 511–518.
1461. *Moberg E.G., Harding M.W.* The boron content of sea water // Science. 1933. Vol. 77. P. 510.
1462. *Möbius K.A.* Die Auster und die Austernwirtschaft. B.: Wiegandt, Hempel, und Parey, 1877. 126 S.
1463. *Möbius K.A.* Medusen werden durch Frost getödtet // Zool. Anz. 1880. Bd. 3. S. 67.
1464. *Möbius K.A.* Wassergehalt der Medusen // Ibid. 1882. Bd. 5. S. 586.
1465. *Möbius K.A.* Chemical constituents and the flavor of oysters // Rep. U.S. Comm. Fish. 1883. Vol. 8. P. 732.
1466. *Mohr C.F.* Ueber den Kreislauf der Phosphorsäuren Verbindungen und der Fluorüre anf der Erde // Sitzungsber. niederhein. Ges. Natur.- und Heilk. Meg. 1865a. Bd. 22. S. 88.
1467. *Mohr C.F.* Über den Stickstoffgehalt und dessen Abstammung in den Steinkohlen // Ibid. 1865b. Bd. 22. S. 121.
1468. *Mohr C.F.* Ueber stickstoffhaltige Bestandteile der Qualle (*Cyanea capillata*) // Ztschr. Biol. Bd. 98. S. 120.
1469. *Moissan H.* [Sur l'isolement du fluor] // Séanc. Soc. franç. phys. 1886. P. 203.
1470. *Molisch H.* Pflanzenbiologie in Japan auf Grund einiger Beobachtungen. Jena: Fischer, 1926. 270 S.
1471. *Mond R., Netter H.* Über die Regulation des Natriums durch den Muskel // Pflügers. Arch. ges. Physiol. 1932. Bd. 230. S. 42.
1472. *Monier-Williams G.W.* Lead in food // Rep. Publ. Health. Med. Subj. London. 1938. No. 88. P. 51.
1473. *Moore B., Edie E., Whitley E., Dakin W.J.* The nutrition and metabolism of marine animals in relationship to (a) dissolved organic matter and (b) particulate organic matter of sea-water // Biochem. J. 1912. Vol. 6. P. 255.
1474. *Moore B., Whitley E., Adams A.* The role of glycogen, lecithides, and fast in the reproductive organs of echinoderms // Ibid. 1913. Vol. 7. P. 127.
1475. *Moore H.F.* The commercial sponges and the sponge fisheries // Bull. U.S. Fish. Comm. 1908. Vol. 28. P. 399.
1476. *Moreau A.* Recherches expérimentales sur les fonctions de la vessie natatoire // Ann. sci. natur. zool. Ser. 6. 1876. Vol. 4, no. 8. Pp. 1–85.
1477. *Moreau A.* Mémoires de physiologie. Vessie natatoire. Torpille électrique. Intestin. Nerfs vasculaires. P.: Masson, 1877. 228 p.
1478. *Moretti G.* Dur le sulfate der strontiane trouvé dans le corps marins pétrifiés, et sur diverses combinaisons de cette terre avec quelques acides // Ann. chim. (phys.). 1813. Vol. 86. P. 262.
1479. *Morgulis S.* Changes in the weight and composition of fasting lobsters // J. Biol. Chem. 1916. Vol. 24. P. 137.
1480. *Morgulis S.* Studies on the chemical composition of bone ash // Ibid. 1931. Vol. 93. P. 455.
1481. *Morichini D.* Analisi dello smalto di un dente fossile di elefante e dei denti umani // Mem. mat. 1805. Vol. 12. P. 73.
1482. *Moridé E.* Fabrication des charbons de varechs: Nouvelle méthode d'en extraire le brome et l'iode et de doser ce dernier corps au moyen des hyposulfites alcalins // C. r. Acad. sci. 1866. Vol. 62. P. 1002.
1483. *Morin B.* Examen chimique de l'éperlan, *Salmo eperlanus*, L. // J. pharm. chim. 1822. Vol. 8. P. 61.
1484. *Moritz H.* Ueber die Funktion der sogenannt "Leber" der Mollusken: Inaug. Diss. Jena, 1899.
1485. *Morizawa K.* Die Hydrolyse der Oktopus Muskeln // Acta Sch. med. Univ. Kioto. 1926. Vol. 9. P. 299.
1486. *Mörner C.T.* Die organische Grundsubstanz der Fischschuppen vom chemischen Gesichtspunkte aus Betrachtet // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1898. Bd. 24. S. 125.
1487. *Mörner C.T.* Zur Kenntnis der organischen Gerüstsubstanz des Anthozöenskeletts. I–IV // Ibid. 1907. Bd. 51. S. 33; 1908a. Bd. 55. S. 77; 1908b. Bd. 55. S. 223; 1913. Bd. 88. S. 138.
1488. *Morozzo C.L. de.* Examen physico-chimique des couleurs animales // Mem. Roy. Accad. Torino. Ser. 1. 1786–1787. Vol. 8. P. 275.
1489. *Morse W.* Chemical constitution of Pectinatella // Science. 1930. Vol. 71. P. 265.
1490. *Mosander C.G.* Något om Cer och Lanthan // Forh. skand. naturf. Møte. 1842. Bd. 3. S. 387.
1491. *Mosander C.G.* On the new metals, lanthanum and didymium, which are associates with cerium; and on erbium and terbium, new metals associated with yttria // Philos. Mag. Ser. 3. 1843. Vol. 23. P. 241.
1492. *Moseley H.N.* On the anatomy and histology of the land-planarians of Ceylon, with some account of their habits, and a description of two new species, and with notes on the anatomy of some European aquatic species // Philos. Trans. Roy. Soc. London. 1874. Vol. 164. P. 105.

1493. *Mourson J., Schlagdenhauffen F.* Nouvelle recherches chimiques et physiologiques sur quelques liquides organiques: (Eau des oursins, eau des kystes hydatiques et des Cysticerques, liquide amniotique) // C. r. Acad. sci. 1882. Vol. 95. P. 791.
1494. *Muhry, Wiggers.* Markschwammsubstanz // J. Liebig's. Ann. Chem. 1834. Bd. 12. S. 356.
1495. *Müller G.W.* Die Ostracoden des Golfes von Neapel und der angrenzenden Meeres-Abschnitte. B.: Friedlander, 1894. 406 S. (Monograph. Fauna und Flora des Golfes von Neapel; N 21).
1496. *Müller G.W.* Ueber die Thalassicollen, Polycystinen und Acanthometren des Mittelmeeres // Abh. Preuss. Akad. Wiss. 1858. Bd. 42. S. 1.
1497. *Müller J.A.* Sur la composition de quelques espèces d'algues et autres plantes marines du littoral de l'Algérie // Ann. agron. 1894. Vol. 20, no. 2. P. 82.
1498. *Müller O.F.* Zoologia Danica, seu animalium Daniae et Norvegiae rariorum ac minus notorum descriptiones et historia. Havniae, 1788–1806. Vol. 3.
1499. *Murray J.* The distribution of organisms in the hydrosphere as affected by varying chemical and physical conditions // Intern. Rev. Hydrobiol. 1908. Vol. 1. P. 10.
1500. *Murray J., Irvine R.* On silica and the siliceous remains of organisms in modern seas // Proc. Roy. Soc. Edingurgh. 1890–1891. Vol. 18. P. 229.
1501. *Murray J., Renard A.F.* Report on deep-sea deposits based on the specimens collected during the voyage of H.M.S. Challenger in the years 1872–1876 // Challenger Rep. 1891. Vol. 3. Pp. 1–525.
1502. *Mutscheller E.* Experimentelle Untersuchung der Organe der Weibchen von *Bonellia viridis* deren Extrakte vermännlichend wirken auf das Vorkommen von Schwermetallen insbesondere von Kupfer // Biol. Zbl. 1935. Bd. 55. S. 615.
1503. *Mutkowski R.A.* Cooper in animals and plants // Science. 1921a. Vol. 53. P. 453.
1504. *Mutkowski R.A.* Studies on the respiration of insects. I. The gases and respiratory proteins of insect blood // Ann. Entomol. Soc. Amer. 1921b. Vol. 14. P. 150.
1505. *Myers R.A.* A chemical study of the blood of several invertebrate animals // J. Biol. Chem. 1920. Vol. 41. P. 119.
1506. *Nadler G.* Untersuchungen über den angeblichen Iodgehalt der Luft und verschiedener Nahrungsmittel // J. prakt. Chem. 1866. Bd. 66. S. 183.
1507. *Nagai K., Murai J.* A descriptive catalogue // Japanese International Health Exhibition. L., 1884. Pp. 12–16.
1508. *Nagata S.* Iodine content of powdered *Laminaria* // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 1936. Vol. 5. P. 45.
1509. *Nägeli C.* Die neuern Algensysteme und Versuch zur Begründung eines eigenen Systems der Algen und Florideen. Zürich: Schulthess, 1847. 275 S.
1510. *Namikawa S.* Freshwater algae as human food // Bull. Coll. Agr. Tokyo. 1906. Vol. 7. P. 123.
1511. *Narasimham M., Pal S.N.* Analysis of certain algae // J. Ind. Chem. Soc. 1939. Vol. 16. P. 161.
1512. *Nathansohn A.* Ueber die Bedeutung vertikaler Wasserbewegungen für die Production des Planktons im Meere // Abh. sächs. Ges. Akad. Wiss. Math.-Phys. Kl. 1906. Bd. 29. S. 355.
1513. *Natterer K.* Tiefsee-Forschungen im Marmara-Meer auf S.M. Schiff "Taurus" im Mai, 1894 // Monatsh. Chem. 1895. Bd. 16. S. 405.
1514. *Natterer K.* IX. Chemische Untersuchungen im Rothen Meere // Ibid. 1899. Bd. 24. S. 81.
1515. *Naumann E.* Die Eisenorganismen // Intern/Rev. Hydrobiol. 1930. Bd. 24. S. 81.
1516. *Nawrocki F.* Ueber die optischen Eigenschaften des Blutfarbstoffes // Zbs. med. Wiss. 1867. Bd. 5. S. 195.
1517. *Necker L.A.* Note sur la nature minéralogique des coquille terrestres, fluviatiles et marines // Ann. sei. natur. Ser. 2. 1839. Vol. 11. P. 52.
1518. *Needham D.M.* Biochemistry of muscle // Annu. Rev. Biochem. 1937. Vol. 6. P. 395.
1519. *Needham D.M., Robertson M., Needham J., Baldwin E.* Phosphagen and protozoa // J. Exp. Biol. 1932a. Vol. 9. P. 332.
1520. *Needham J.* Chemical embryology. Cambridge: Univ. press, 1931. Vol. 1–3.
1521. *Needham J.* Biochemistry and morphogenesis. Cambridge: Univ. press, 1942. 785 p.
1522. *Needham J., Needham D.* On phosphorus metabolism in embryonic life // J. Exp. Biol. 1930. Vol. 7. P. 317.
1523. *Needham J., Needham D.M., Baldwin E., Yudkin J.* A comparative study of the phosphagens with some remarks on the origin of vertebrates // Proc. Roy. Soc. London. B. 1932. Vol. 110. Pp. 260–294.
1524. *Needham J., Needham D.M., Yudkin J., Baldwin E.* On phosphorus metabolism in embryonic life. II. Phosphagen in cephalopod development // J. Exp. Biol. 1932. Vol. 9. P. 212.

1525. *Nelson E.E., Greene C.W.* The chemical composition of the ovaries of the freshwater gar *Lepidosteus* // J. Biol. Chem. 1921. Vol. 49. P. 47.
1526. *Nelson J.* Report of the Department of Biology // Rep. N.J. Agr. Exp. Station. 1915. P. 239.
1527. *Nelson W.L., Cretcher L.H.* The carbohydrate acid sulfate of *Macrocystis pyrifer* // J. Biol. Chem. 1931. Vol. 94. P. 147.
1528. *Neto B.M.* Calcium content of the carapace of *Uca maracoani* (Latreille) // Anais Soc. biol. Pernambuco. 1943. Vol. 4. P. 31.
1529. *Neuberg C., Ohle H.* Über einen Schwefelgehalt des Agars // Biochem. Ztschr. 1921. Bd. 125. S. 311.
1530. *Neufeld A.H.* Contributions to the biochemistry of bromine // Canad. J. Res. 1936. Vol. 14B. P. 160.
1531. *Newell J.M., McCollum E.V.* Spectrographic analysis of marine products // Invest. Rep. U.S. Bur. Fish. 1931. Vol. 1, no. 5. Pp. 1–9.
1532. *Nichols H.W.* New forms of concretions // Field Mus. Publ. (Geol. Ser.). 1906. Vol. 3. P. 25.
1533. *Nicholson H.A.* A monograph of the British Stromatoporoids. L.: Palaeontogr. Soc. 1892. 234 p.
1534. *Nicklès J.* Recherches sur la diffusion du fluor // Ann. chim. (phys.). 1858. Vol. 53. P. 433.
1535. *Nier A.O., Gulbransen E.A.* Variations in the relative abundance of the carbon isotopes // J. Amer. Chem. Soc. 1939. Vol. 61. P. 697.
1536. *Nierstrasz H.F.* Die Amphineuren. I. Die Solenogastren // Ergebn. Zool. 1909. Bd. 1. S. 239.
1537. *Nierstrasz H.F.* Die Chitonen // Ibid. 1910. Bd. 2. S. 367.
1538. *Nilakantan P.* Magnetic anisotropy of naturally occurring substances. I. Mother of pearl // Proc. Ind. Acad. Sci. A. 1935. Vol. 2. P. 621.
1539. *Nilson H.W., Coulson E.J.* The mineral content of the edible portions of some American fishery products // Invest. Rep. U.S. Bur. Fish. 1939. Vol. 41. Pp. 1–7.
1540. *Nilson L.F.* Om scandium, en ny jordmetall // Öfvers. vetensk. Akad. förh. Stockholm. 1879. Bd. 36. No. 3. S. 47.
1541. *Nitsche H.* Beiträge zur Kenntnis der Bryozoen // Ztschr. wiss. Zool. 1871. Bd. 21. S. 416.
1542. *Noddack I., Noddack W.* Die Häufigkeiten der Schwermetalle in Meerestieren // Ark. Zool. A. 1939. Bd. 31. No. 1. S. 1–35.
1543. *Nöggerath J.* Die Uebereinstimmung der Muschelschalen und Perlen in ihrem krystallinschen Bau und nach andern mineralogischen Kennzeichen mit Kalkspath und Aragonit // Arch. Naturgesch. 1849. Bd. 15. No. 1. S. 209.
1544. *Noll W.* Geochemie des Strontiums: Mit Bemerkungen zur Geochemie des Bariums // Chem. Erde. 1933. Bd. 8. S. 507.
1545. *Nováček R.* Biologické faktory při vzniku dolomitů // Sbom. Čes. přír. akad. 1930. Sv. 7. S. 53.
1546. *Nowak W.* Beitrag zur Biochemie der Entwicklung der Karpfendotterbrut // Ann. Acad. Tchecosl. Agr. 1933. Vol. 10. P. 177.
1547. *Numanoi H.* Relation between atmospheric humidity and evaporation of water in *Ligia exotica* // J. Fac. Sci. Tokyo Univ. (Zool.). Sect. IV. 1934a. Vol. 3. P. 343.
1548. *Numanoi H.* Calcium content of the carapace and other organs of *Ligia exotica* during the non-molting and molting phase // Ibid. 1934b. Vol. 3. P. 359.
1549. *Numanoi H.* The migration of calcium in the blood in *Ligia exotica* during molting // Jap. J. Zool. 1935. Vol. 7. P. 241.
1550. *Nüsslin O.* Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Pulmonaten. Tübingen, 1879. 47 S.
1551. *Oakley K.P.* Phosphatic calculi in Silurian polyzoa // Proc. Roy. Soc. London B. 1934. Vol. 116. P. 296.
1552. *Odum H.T.* The biogeochemistry of strontium: Unpubl. Thesis Yale Univ. New Haven, 1950.
1553. *Odum H.T.* Notes on the strontium content of sea water, celestite Radiolaria and strontianite snail shells // Science. 1951a. Vol. 114. Pp. 211–213.
1554. *Odum H.T.* Nudibrach spicules of amorphous calcium carbonate // Ibid. 1951b. Vol. 114. P. 2963.
1555. *Odum H.T.* The stability of the world strontium cycle // Ibid. 1951 c. Vol. 114. Pp. 407–411.
1556. *Oersted H.C.* [...Leermetallets...] // Overseas dan. vidensk. selsk. forhandl. 1824. P. 15.
1557. *Ogawa Sh.* A new apparatus used for the study of respiration in *Caudina chilensis* // Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. IV. 1927. Vol. 3. P. 39.
1558. *Ogawa T.* Ueber die Phosphorverbindungen des Blutes verschiedener Fischarten // J. Biochem. Tokyo. 1937. Vol. 25. P. 393.
1559. *Ohye T.* On the coelomic corpuscles in the body fluid of some invertebrates. IV. A note on the formed elements in the coelomic fluid of a Brachiopod, *Terebratalia careanica* // Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. IV. 1936. Vol. 11. P. 213.

1560. *Okahara Y.* Composition of finback whale blood // Jap. J. Med. Sci. 1925. Vol. 1, no. 2. P. 43.
1561. *Okajima J.Sh.* Spectral analysis of metals, especially heavy metals, in every part of the organs of the Japanese // Acta Sch. med. Univ. Kioto. 1931. Vol. 13. P. 417.
1562. *Okuda Y.* Quantitative determination of creatine, creatinine and monoamino-acids in certain fishes, mollusca, and crustacea // J. Coll. Agr. Tokyo. 1912. Vol. 5. P. 25.
1563. *Okuda Y.* Hydrolysis of fish-gelatine // Ibid. 1916. Vol. 5. P. 355.
1564. *Okuda Y., Eto T.* On the from of iodine in marine algae // Ibid. 1916. Vol. 5. P. 341.
1565. *Okuda Y., Matsui H.* On the canned crab // Ibid. 1916. Vol. 5, no. 4. P. 325.
1566. *Okuda Y., Nakayama A.* On the quality of "asakusanori" // Ibid. 1916. Vol. 5. P. 339.
1567. *Oldham C.* Notes on Cheshire land and fresh-water Mollusca // Naturalist. 1908. P. 255.
1568. *Oldham C.* The influence of lime on the shell of *Arianta arbustorum* (L.) // Proc. Malacol. Soc. London. 1929. Vol. 18. P. 143.
1569. *Ollivier G.* Sur un ceramium a bromuques // C. r. Acad. sci. 1927. Vol. 184. P. 297.
1570. *Ollivier G.* Sur Les bromuques de diverses céramiacées // Bull. Inst. océanogr. Monaco. 1928. No. 529. Pp. 1–3.
1571. *Orfila P.* [See: Commissaires, Thenard, Dumas, Boussingault, Regnault, rapporteur. Rapport sur plusieurs mémoires concernant l'emploi du procédé de Marsh, dans les recherches de médecine légale] // C. r. Acad. sci. 1841. Vol. 12. P. 1076.
1572. *Orr A.P.* The weight and chemical composition of *Euchaeta norvegica*, Boeck // Proc. Roy. Soc. Edinburgh. 1933. Vol. 54. P. 51.
1573. *Orr A.P.* On the biology of *Calanus finmarchicus*. IV. Seasonal changes in the weight and chemical composition in Loch Fyne // J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 1934. Vol. 19. P. 613.
1574. *Orr J.B., Leitch J.* Iodine in nutrition // Spec. Rep. Ser. Med. Res. Couns. London. 1929. No. 123. Pp. 1–108.
1575. *Orton J.H.* An account of investigation into the cause or causes of the unusual mortality among oysters in English oyster beds during 1920 and 1921 // Fish. Invest. Ser. 2. 1924. Vol. 6. No. 3. P. 166.
1576. *Orton J.H., Amirthalangam C.* Notes on shell-deposition in oysters // J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 1926. Vol. 70. P. 935.
1577. *Orton J.H., Stubbs G., More A., Nicholls J.R., Brady O.L., Eyre J., Wright F.S.* An account of investigation into the cause or causes of the unusual mortality among oysters in English oyster beds during 1920 and 1921 // Fish. Invest. Ser. 2. 1924. Vol. 6, no. 4. P. 1.
1578. *Osborne T.B., Heyl F.W.* Hydrolysis of fish muscle // Amer. J. Physiol. 1908. Vol. 23. P. 81.
1579. *O'Shaunnessy W.B.* On the composition and properties of the *Fucus amylaceus* // Med. Bot. Soc. Trans. 1834–1837. P. 181.
1580. *Oshima K.* Chemical analysis of Laminaria. Pt. III. Report on investigations of the marine resources of Hokkaido. Sapporo, 1902. 212 p.
1581. *Oshima K.* A digest of Japanese investigations of the nutrition of man // Bull. U.S. Off. Exp. Station. 1905. No. 159. P. 37.
1582. *Oshima Sh.* On the seasonal change of the chemical constitution of the muscle of carps // J. Fish. Inst. Tokyo. 1928. Vol. 23, no. 4. P. 118.
1583. *Oshima Sh.* On the chemical change of the eels in the course of fasting // Ibid. 1929. Vol. 23. P. 119.
1584. *Osterhout W.J.V.* Some aspects of selective absorption // J. Gen. Physiol. 1922. Vol. 5. P. 225.
1585. *Osterhout W.J.V., Dorcas M.J.* Contrasts in the cell sap of valonias and the problem of flotation // Ibid. 1925. Vol. 7. P. 633.
1586. *Oswald A.* Gewinnung von 3,5-Diiodtyrosin aus Iodeiweiss. IV. Die Verhältnisse beim Gorgonin und Spongin // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1911. Bd. 57. S. 353.
1587. *Öy E.* Om forekomsten av sporelementene jern kobber, mangan og bor i tang og tare // Tidsskr. Kemi Bergv. 1940. S. 114.
1588. *Oya T., Shimada K.* Distribution of aluminum and iron in the muscle of some marine animals // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 1933. Vol. 2. P. 20.
1589. *Page I.H.* The oils of the sea urchin and star fish egg // Biol. Bull. Woods Hole. 1927a. Vol. 52. P. 164.
1590. *Page I.H.* The electrolyte content of the sea urchin and star fish egg // Ibid. 1927b. Vol. 52. P. 168.
1591. *Pagenstecher H.A.* Ueber *Phronima sedentaria* // Jahrbuch der Literatur. Heidelberg, 1861. S. 185.
1592. *Paladio R.* Vergleichung des Hämoglobins einiger Weichtiere mit dem der Wirbeltiere // Biochem. Ztschr. 1909. Bd. 22. S. 495.
1593. *Palissy B.* Traité des sels divers et du sel commun. P. 1580.

1594. *Panceri P.* Gli organi e la secrezione dell'acido solforico nei gasteropodi // Atti Accad. sci. fis. mat. Napoli. 1869. Vol. 4, no. 10. Pp. 1–56.
1595. *Pannekoek-Westenburg S.J.E., Nijholt J.A., Veen A.G. van.* Food tables: New, completely revised data from the Institute for Food (Java) // Geneesk. Tijdschr. Ned.-Ind. 1940. Bd. 80. S. 1927.
1596. *Panning A.* Ueber die Kristalloptik der Kalkkörper der Seewalzen // Zool. Jb. Abt. F. Allg. Zool. und Physiol. 1931. Bd. 49. S. 204.
1597. *Pantin C.F.A.* The origin of the composition of the body fluids in animals // Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc. 1931. Vol. 6. P. 459.
1598. *Pantin C.F.A., Hogben L.T.* A colorimetric method for studying the dissociation of oxyhaemocyanin suitable for class work // J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 1925. Vol. 13. P. 970.
1599. *Pantin C.F.A., Rogers T.H.* An amphoteric substance in the radula of the whelk (*Buccinum undatum*) // Nature. 1925. Vol. 115. P. 639.
1600. *Panzer Th.* Beitrag zur Biochemie der Protozoen. I // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1911. Bd. 73. S. 109; 1913. Bd. 86. S. 33.
1601. *Paracelsus (Hohenheim, Theophrastus von).* Ettiche Tractatus des hoher Farnen ...P.T.P. ...I. Von natürlichen Dingen. II. Beschreibung etlicher Kreütter. III. Von Metallen. IV. Von Mineralen. V. edlen Gesteinen / Ed. by M. Toxites. Strassbourg, 1570.
1602. *Parker E.G., Lindemuth J.R.* Analyses of certain of the Pacific Coast kelps // J. Industr. Eng. Chem. 1913. Vol. 5. P. 287.
1603. *Parker H., Vilbrandt F.C.* The iodine content of shrimp waste // J. Amer. Chem. Soc. 1931. Vol. 53. P. 633.
1604. *Parks T.B., Rose E.R.* Copper, iron and manganese content of fish // J. Nutrit. 1933. Vol. 6. P. 95.
1605. *Parr A.E.* Quantitative observations on the pelagic Sargassum vegetation of the western North Atlantic // Bull. Bingham Oceanogr. Coll. 1939. Vol. 6, no. 7. Pp. 1–94.
1606. *Pasquier A.* Essai médical sur les nûitres // J. Pharm. Ser. 2. 1819. Vol. 5. P. 18.
1607. *Pasquier A.* Sur l'existence du brome et de l'iode dans le *Fucus crispus* et sur un procédé propre à y faire reconnaître par une seule expérience, ainsi que dans les éponges ... la présence de ces deux principes // J. pharm. chim. Ser. 3. 1843. Vol. 3. P. 112.
1608. *Patnaik K.M.* The iodine content of Indian food-stuffs // Ind. J. Med. Res. 1934. Vol. 22. P. 249.
1609. *Paton D.N.* On the phosphorous metabolism of the salmon in freshwater // Rep. Brit. Assoc. 1897. P. 820.
1610. *Paton D.N., Newbigin M.I.* Further investigations on the life-history of the salmon in fresh water // Proc. Roy. Soc. Edinburgh. 1899–1900. Vol. 23. P. 44.
1611. *Paul B.H., Cownley A.J.* The detection of copper in vegetable substances // Pharm. J. 1896. Vol. 2. P. 441.
1612. *Paul J.H., Sharpe J.S.* Studies in calcium metabolism. I. The deposition of lime salts in the integument of decapod crustacea // J. Physiol. 1915. Vol. 50. P. 183.
1613. *Paulais R.* Sur la localisation du nickel dans les organes des mollusques lamellibranches // C. r. Acad. sci. 1936. Vol. 203. P. 685.
1614. *Pax F.* Die Actinien // Ergebn. Zool. 1914. Bd. 4. S. 339.
1615. *Pax F., Arndt W.* "Schwämme": Die Rohstoffe des Tierreichs. Ler. V. B.: Borntraeger, 1937. Lf. 13. S. 1577–2000.
1616. *Payen A.* Note relative aux caractères distinctifs qui séparent les végétaux des animaux et aux sécrétions minérales dans les plantes // C. r. Acad. sci. 1843. Vol. 17. P. 16.
1617. *Payen A.* [...Un exemplaire de la deuxième édition de son ouvrage sur les substances alimentaires...] // Ibid. 1854. Vol. 39. P. 318.
1618. *Payen A.* Précis théorique et pratique des substances alimentaires et des moyens de améliorer, de les conserver et d'en reconnaître les altérations. 4th ed. P.: Hachette, 1865. 569 p.
1619. *Payen J.* Recherches biochimiques sur quelques Cyanophycées // Rev. algol. 1938. Vol. 11. P. 1.
1620. *Pearse A.S.* The chemical composition of certain fresh-water fishes // Ecology. 1925. Vol. 6. P. 7.
1621. *Pedersen K.O.* Studien über isoelektrische Punkte von Eiwesskörpern // Kolloid-Ztschr. 1933. Bd. 63. S. 268.
1622. *Peklo J.* Ueber eine manganspeichernde Meeresdiatomeen // Ost. bot. Ztschr. 1909. Bd. 59. S. 289.
1623. *Pellieux J., Allary E.* Application des appareils dialyseurs à membranes à l'extraction de l'iode des sucres de varechs // Bull. Soc. chim. 1880. Vol. 34. P. 197.
1624. *Pelseuer P.* À propos de la formation et de la composition chimique de la coquille des mollusques // Ann. Soc. zool. malacol. Belg. 1920. Vol. 51. P. 70.

1625. *Pelz F.M.* Bestimmung des Radiumgehaltes verschiedener Hölzer // *Anz. Akad. Wiss. Wien. Math.-Naturwiss. Kl.* 1939. Bd. 76. S. 117.
1626. *Penard E.* Les héliozoaires d'eau douce. Geneva: Kundig, 1904. 341 p.
1627. *Pennetier G.* Leçons sur les matières premières organiques. P.: Masson, 1881. 1018 p.
1628. *Pennington M.E.A.* Chemo-physiological study of *Spirogyra-nitida* // *Contrib. Bot. Lab. Univ. Pa.* Ser. 2. 1897. Vol. 1. P. 203.
1629. *Perrier E.* Organisation des Lombirciens terrestres // *Arch. zool. exp. gén.* 1874. Vol. 3. P. 372.
1630. *Perrot E., Gatin C.L.* Les algues marines utiles et en particulier les algues alimentaires d'extrême Orient // *Ann. Inst. océanogr. Monaco.* 1911. Vol. 3. P. 1.
1631. *Perugia A.* Note sullo sviluppo dell' *Acanthias vulgaris* // *Boll. Soc. adriat. Sci. natur.* 1880. Vol. 5. P. 8.
1632. *Peters H.* Kuncckels Verdienste um die Chemie // *Arch. Gesch. Naturwiss. Techn.* 1913. Bd. 4. S. 178.
1633. *Petersen C.G.J., Boysen-Jensen P.* Valuation of the sea. I. Animal life of the sea-bottom, its food and quantity // *Rep. Dan. Biol. Station.* 1911. Vol. 30. P. 1.
1634. *Petersen P., Soxhlet F.* Ueber die Zusammensetzung des Knorpels von Haifisch // *J. prakt. Chem. N.F.* 1873. Bd. 115. S. 179.
1635. *Peterson W.H., Elvehjem C.A.* The iron content of plant and animal foods // *J. Biol. Chem.* 1928. Vol. 78. P. 215.
1636. *Peterson W.H., Skinner J.T.* Distribution of manganese in food // *J. Nutrit.* 1931. Vol. 4. P. 419.
1637. *Petter K.* Iod in der Asche der *Cladophora glomerata* // *Vjschr. prakt. Pharm.* 1862. Bd. 11. S. 545.
1638. *Peyer W.* Über *Spongia fluviatilis* seu *lacustris* // *Jahresberichte Caesar und Loretz.* Halle, 1925. S. 183.
1639. *Pfeiffer H.* Ueber den Mechanismus der Abscheidung von SiO₂ Gallerten in Pflanzenzellen // *Protoplasma.* 1930. Bd. 9. No. 1. S. 120.
1640. *Phillippi E.* Zur Kenntnis der Haemocyanin // *Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem.* 1919. Bd. 104. S. 88.
1641. *Phillippi E., Hernler E.* Über die Einwirkung von Papain auf Hämocyanin von *Helix pomatia* // *Ibid.* 1930. Bd. 191. S. 28.
1642. *Phillips A.H.* Analytical search for metals in Tortugas marine organisms // *Publ. Carnegie Inst. Wash.* 1917. Vol. 11. P. 91.
1643. *Phillips A.H.* A possible source of vanadium in sedimentary rocks // *Amer. J. Sci. Ser. 4.* 1918. Vol. 46. P. 473.
1644. *Phillips A.H.* Analytical search for metals in Tortugas marine organisms // *Publ. Carnegie Inst. Wash.* 1922. Vol. 18. P. 97.
1645. *Phipson T.L.* Composition of the shell of *Cardium edule* (common cockle) // *Rep. Brit. Assoc.* 1859. P. 77.
1646. *Phipson T.L.* Sur la matière phosphorescente de la raie // *C. r. Acad. sci.* 1861. Vol. 51. P. 541.
1647. *Pia J.* Pflanzen als Gesteinsbildner. B.: Borntraeger, 1926. 355 S.
1648. *Pichard P.* Contribution à la recherche du manganèse dans les minéraux, les végétaux et les animaux // *C. r. Acad. sci.* 1898. Vol. 126. P. 1882.
1649. *Pictet A., Scherrer W., Helfer L.* Sur la présence de l'argon dans les gaz de la fermentation alcoolique du glucose // *Ibid.* 1925. Vol. 180. P. 1629.
1650. *Pitts R.F.* Urinary composition in marine fish // *J. Cell. Comp. Physiol.* 1934. Vol. 4. P. 389.
1651. *Plepp L.* Ueber den Iodgehalt von Muschelschalen, organogenen Ton und Kalksteinen und Naturphosphaten: Diss. Stuttgart, 1927.
1652. *Plimmer R.H., Scott F.H.* A reaction distinguishing phosphoprotein from nucleoprotein and distribution of phosphoproteins in tissues // *J. Chem. Soc.* 1908. Vol. 93. P. 1699.
1653. *Podhradsky J.* Nouvelles recherches sur l'utilisation par les animaux aquatiques des matières organiques dissoutes dans l'eau // *C. r. Soc. biol.* 1928. Vol. 98. P. 1033.
1654. *Poisson R.* *L'Anisops producta* Fieb. (Hemiptere notonectidae): Observations sur son anatomie et sa biologie // *Arch. zool. exp. gén.* 1926. Vol. 65. P. 181.
1655. *Polimanti O.* Über den Fettgehalt und die biologische Bedeutung desselben für die Fische und ihren Aufenthaltsort, sowie über den Fettgehalt je nach dem alter der Fische // *Biochem. Ztschr.* 1915. Bd. 69. S. 145–154.
1656. *Ponce H.P.* Lecitiburina or lecithin from shark spawn: A contribution to the stude of phosphatids // *An. Asoc. quim. argent.* 1924. Vol. 12. Pp. 5, 103.
1657. *Popofsky A.W.K.* Die *Acantharia* der Plankton-Expedition: Ergebnisse der Plankton-Expedition der Humboldt-Stiftung. Kiel: Lipsius und Tischer, 1904–1906. Bd. 3. 153 S.

1658. *Popta C.M.L.* Étude sur la vessie aérienne des poissons, sa fonction // Ann. Sci. natur. zool. Ser. 9. 1910. Vol. 12. P. 1.
1659. *Pora E.A.* L'influence des saignées successives sur la composition chimique et physico-chimique du sang des animaux marins // J. physiol. pathol. gén. 1935a. Vol. 34. P. 735.
1660. *Pora E.A.* Différences minérales dans la composition du sang, suivant le sexe, chez *Cyprinus carpio* // C. r. Soc. biol. 1935b. Vol. 119. P. 373.
1661. *Pora E.A.* Influence des fortes oxygénations du milieu extérieur sur la composition du sang de *Scyllium canicula* // Ann. physiol. phys.-chim. biol. 1936a. Vol. 12. P. 238.
1662. *Pora E.A.* Sur les différences chimiques et physico-chimiques du sang, suivant les sexes chez *Labrus bergylta* // C. r. Soc. biol. 1936b. Vol. 121. P. 102.
1663. *Pora E.A.* Sur les différences chimiques et physico-chimiques du sang des deux sexes des Sélaciens // Ibid. 1936c. Vol. 121. P. 105.
1664. *Pora E.A.* Quelques données analytiques sur la composition chimique et physico-chimique du sang de quelques invertébrés et vertébrés marins // Ibid. 1936d. Vol. 121. P. 291.
1665. *Pora E.A.* Sur les différences chimiques et physico-chimiques du sang des deux sexes de quelques invertébrés marins // Bull. Inst. océanogr. Monaco. 1936e. No. 689. Pp. 1–4.
1666. *Posselt L.* Ueber die Zusammensetzung der Badeschwämme // J. Liebig's Ann. Chem. 1843. Bd. 45. S. 192.
1667. *Post H. von.* Obolusfosfatet från Dalarne // Lantdbbr-Akad. tidskr. 1870. Bd. 9. S. 162.
1668. *Potonié R., Hellmers H.* Zur Entstehung der Gerinnungskörper (der sogenannten Algen) der Boghead – kohlen und = schiefer // Jahrb. Preuss. Geol. Landesanst. 1928. Bd. 48. S. 152–159.
1669. *Pottinger S.R., Harrison R.W., Anderson A.W.* Effect of method of manufacture on the composition of haddock fish meal proteins // Invest. Rep. U.S. Bur. Fish. 1935. No. 31. Pp. 1–14.
1670. *Prát S.* Studie o biolithogenesi: Vá penité řasy a Cyanophyceae a jejich význam při tvoření travertinů. Praha: Nákl. Čes. Akad. věd a umění, 1929. 187 s.
1671. *Prát S., Hamáčková J.* The analysis of calcareous marine algae // Stud. Bot. Czechosl. 1946. Vol. 7, no. 2/4. Pp. 112–126.
1672. *Preisler P.W.* Oxydation-reduction potentials and the possible respiratory significance of the pigment of the Nudibranch *Chromodoris zebra* // J. Gen. Physiol. 1929. Vol. 13. P. 349.
1673. *Prenant M.* Recherches sur le parenchyme des Platyhelminthes // Arch. morphol. gén. exp. 1922. Vol. 5. P. 1.
1674. *Prenant M.* Quelques aspects histologiques du métabolisme du fer chez les chitons // Arch. anat. microsc. 1928a. Vol. 24. P. 1.
1675. *Prenant M.* L'étude cytologique du calcaire. IV. La vaterite chez les animaux // Bull. biol. 1928b. Vol. 62. Pp. 21–47.
1676. *Preyer W.T.* Über das für Speichel gehalterne Secret von *Dolium galea* Lam. // Verh. naturhist. Ver. preuss. Rheinfl. Sitzungsber. (Phys. Sect.). 1866. Bd. 22. S. 6.
1677. *Preyer W.T.* Neue Blutkrystalle // Zbl. med. Wiss. 1871. Bd. 9. S. 51.
1678. *Priestley J.* Observations on different kinds of air // Philos. Trans. Roy. Soc. London. 1772. Vol. 62. P. 147.
1679. *Priestley J.* Experiments and observations on different kinds of air. L.: Johnson, 1774–1777. Vol. 1–3.
1680. *Priestley J.* Experiments and observations on different kinds of air. Birmingham: Pearson, 1790. Vol. 2. 472 p.
1681. *Proust J.L.* Sur l'acide fluorique des os fossiles // J. phys. chim. hist. natur. 1806. Vol. 62. P. 224.
1682. *Prout W.* On the colouring matter, or ink, ejected by the cuttlefish // Thomson Ann. Philos. 1815. Vol. 5. P. 417.
1683. *Pruvot-Fol. A.* Le bulbe buccal et la symétrie des mollusques. I. La radula // Arch. zool. exp. gén. 1926. Vol. 65. P. 209.
1684. *Prytherch H.F.* The role of copper in the setting, metamorphosis, and distribution of the American oyster *Ostrea virginica* // Ecol. Monogr. 1934. Vol. 4. P. 47.
1685. *Püschel J.* Blutuntersuchungen bei einem Süßwasserteleostier (*Tinca vulgaris* Cuv.) // Ztschr. vergl. Physiol. 1928. Bd. 7. S. 606.
1686. *Pütter A.* Studien zur vergleichenden Physiologie des Stoffwechsels // Abh. Ges. Wiss. Göttingen. Math.-Phys. Kl. N.F. 1908. Bd. 6. S. 3–79.
1687. *Pütter A.* Der Stoffwechsel der Kieselchwämme // Ztschr. allg. Physiol. 1914. Bd. 16. S. 65.
1688. *Quagliariello G.* Ricerche chimiche e fisico-chimiche sull'emocianina. II. Le proprietà colloidali e il punto isolettrico dell'emocianina // Atti Accad. med.-chir. Napoli. 1920. Vol. 74. Pp. 1–31.

1689. *Quartaroli A.* Sulla questione del rame come componente normale delle piante // Ann. chim. appl. 1928. Vol. 18. P. 427.
1690. *Quatrefoages A. de.* Circulation, sang des larves d'insectes // Bull. Soc. philom. 1845. Vol. 31. Pp. 96–98.
1691. *Quatrefoages A. de.* (Sur le sang de *Planorbis Imbricatus*) // Ibid. 1846. Vol. 32. P. 1.
1692. *Quatrefoages A. de.* Mémoire sur l'organisation des Physalies (*Physalia*) // Ann. sci. natur. Ser. 4. 1854. Vol. 2. P. 107.
1693. *Quick H.E.* *Isidorella pyramidata* Sow. // J. Conch. 1933. Vol. 19. P. 322.
1694. *Quinton R.* L'eau de mer milieu organique; constance du milieu marin originel, come milieu vital des cellules, à travers la série animale. P.: Masson, 1904. 503 p.
1695. *Rabenhorst L.* Kryptogamenflora. Köthen: Dünhaupt, 1932. 1196 S.
1696. *Rabuteau A., Papillon F.* Observations sur quelques liquides de l'organisme des Poissons, des Crustacés et des Céphalopodes // C. r. Acad. sci. 1873. Vol. 77. P. 135.
1697. *Raeder M.G., Snekvik E.* Quecksilbergehalt mariner Organismen // Kgl. norske vidensk. selsk. forh. 1941. Bd. 13. S. 169.
1698. *Ragazzini F.* Brom- und Kupfergehalt der *Spongia usta* // Pharm. Zbl. 1835. Bd. 6. S. 289.
1699. *Raistrick H.* Bakerian lecture: A region of biosynthesis // Proc. Roy. Soc. London B. 1950. Vol. 136. P. 481.
1700. *Rama Swamy S.* X-ray analysis of the structure of iridescent shells // Proc. Ind. Acad. Sci. A. 1935. Vol. 1. P. 871.
1701. *Ramage H.* Spectrographic chemical analysis // Nature. 1929. Vol. 123. P. 601.
1702. *Ramult M.* Untersuchungen über die Cladoceren Fauna des polischen Ostseeküsten Landes // Bull. Intern. Acad. Cracov. Cl. sci. mat. et natur. Ser. B. Sci. natur. 1930. No. 2. S. 311.
1703. *Ranson G.* Les algues excrètent dans les océans de la matière organique pigmentée soluble: Consequences // C. r. Acad. sci. 1933. Vol. 196. P. 1927.
1704. *Ranzi S.* L'accrescimento embrionale dei Cefalopodi // Rend. Accad. Lincei. Cl. sci. fis., mat., natur. 1928. Vol. 9. P. 1171.
1705. *Ranzi S.* Recherche sull'assunzione di sostanze minerali per parte dell'embrione di *Sepia officinalis* // Rend. Accad. Lincei. 1935. Vol. 22. P. 605.
1706. *Raphael Cl.* Sur la localisation de l'hémoglobine et de ses dérivés dans les tissus de *Phyllodoce mucosa* // C. r. Soc. biol. 1937. Vol. 124. P. 347.
1707. *Rapkine L., Damboviceanu A.* Sur le pH intérieur de certains éléments du sang et de la tunique chez *Ascidia mentula* // Ibid. 1925. Vol. 93. P. 1427.
1708. *Rapson A.M., Moore L.B., Elliott I.L.* Seaweed as a source of potash in Nes England // N.Z.J. Sci. Technol. 1942. Vol. 23. P. 149–170B.
1709. *Rasmussen B., Bjerresø G.* (Determination of iodine in algae) // Fette und Seifen. 1941. Bd. 48. S. 406.
1710. *Rauff H.* Palaeospongiologie. Stuttgart: Koch, 1893.
1711. *Rayleigh J.W.S., Ramsay W.* Argon, a new constituent of the atmosphere // Philos. Trans. Roy. Soc. London. A. 1896. Vol. 186. P. 187.
1712. *Read B.E., How G.K.* The iodine, arsenic, iron, calcium and sulphur content of Chinese medicinal algae // Chin. J. Physiol. 1927. Vol. 1. P. 99.
1713. *Réaumur R.A.F. de.* Observations sur la matière qui colore les perles fausses, et sur quelques autres matières animales d'une semblable couleur; à l'occasion de quoi on essaye d'expliquer la formation des écailles des poissons // C. r. Hist. Acad. roy. sci. Paris. 1718. Vol. 18. Pp. 229–244.
1714. *Reay G.A., Cutting C.L., Shewan J.M.* The nation's food. VI. Fish as food. 2. The chemical composition of fish // J. Soc. Chem. Industr. 1943. Vol. 62, no. 2. P. 77.
1715. *Redfield A.C.* The evolution of the respiratory function of the blood // Quart. Rev. Biol. 1933. Vol. 8. P. 31.
1716. *Redfield A.C., Coolidge T., Shotts M.A.* The respiratory proteins of the blood. I. The copper content and the minimal molecular weight of the hemocyanin of *Limulus polyphemus* // J. Biol. Chem. 1928a. Vol. 76. P. 185.
1717. *Redfield A.C., Coolidge T., Monotgomery H.* The respiratory proteins of the blood. II. The combining ratio of oxygen and copper in some bloods containing hemocyanine // Ibid. 1928b. Vol. 76. P. 197.
1718. *Redfield A.C., Florkin M.* The respiratory function of the blood of *Urechis caupo* // Biol. Bull. Woods Hole. 1931. Vol. 61. P. 185.
1719. *Reed M.* The economic seaweeds of Hawaii and their food value // Rep. Hawaii Agr. Exp. Station. 1907. Pp. 61–88.

1720. *Rees G.O.* On the existence of titanium in organic matter // *Philos. Mag. Ser. 3.* 1834. Vol. 5. P. 398.
1721. *Regnard P., Blauchard R.* Note sur la présence de l'hémoglobine dans le sang des crustacés branchiopodes // *C. r. Soc. biol.* 1883. Vol. 35. P. 197.
1722. *Reibsch J.* Ueber die Eizahl bei *Pleuronectes platessa* und die Altersbestimmung dieser Form aus den Otolithen // *Wiss. Meeresuntersuch.* 1899. Bd. 4. S. 231.
1723. *Reid D.M.* Occurrence of crystals in the skin of amphipoda // *Nature.* 1943. Vol. 151. P. 504.
1724. *Rein J.J.* The industries of Japan; together with an account of its agriculture, forestry, arts, and commerce. N.Y.: Armstrong, 1889. 570 p.
1725. *Reis O.M.* Ueber Phosphoritisirung der Cutis, Testikel und der Rückenmarks bei fossilen Fischen // *Arch. mikrosk. Anat.* 1895. Bd. 44. S. 87.
1726. *Reith J.F.* Die micro-iodiumbepaling in naturlijke Grondstoffen: Diss. Utrecht, 1929.
1727. *Reith J.F.* Der Iodgehalt von Meerwasser // *Rec. trav. chim. Pays-Bas.* 1930. Vol. 49. P. 142.
1728. *Remington R.E., McClendon J.F., Kolnitz H. von., Culp F.B.* The determination of traces of iodine. IV. Iodine in small quantities of thyroid and other tissues // *J. Amer. Chem. Soc.* 1930. Vol. 52. P. 980.
1729. *Remy E.* Ueber das normale Vorkommen von Kupfer und Zink in unseren Nahrungsmitteln // *Ztschr. Völkernähr. Diät.* 1931. Bd. 6. S. 21.
1730. *Reuss A.E.* Ueber die Verschiedenheit der chemischen Zusammensetzung der Foraminiferenschalen // *Sitzangsb. böhm. Ges. Wiss.* 1859. S. 78.
1731. *Reuss H.* Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung des Fischekörpers unter dem Einfluss seines Wachstums und des Wassers // *Ber. Bayer. biol. Vers. Station.* 1908. Bd. 1. S. 185.
1732. *Reuss H.* Die Wirkung der Kohlensäure auf die Atmung der niederen Wirbeltiere insbesondere der Fische: Ergebnisse der versuche an der Regenbogenforelle // *Ztschr. Biol.* 1910. Bd. 53. S. 555.
1733. *Reuss H., Weinland E.* Ueber die chemische Zusammensetzung der Aalbrut unter verschiedenen Bedingungen // *Ibid.* 1912. Bd. 59. S. 283.
1734. *Rewald B.* Lipoidgehalt in Fischorganen. Lipoide in heringen. VI. Mitteilung über Lipoide // *Biochem. Ztschr.* 1929. Bd. 206. S. 275.
1735. *Rhumbler L.* Eisenkiesablagerungen im verwesenden Weichkörper von Foraminiferen, die sogenannten Keimkugeln Max Schultze's und anderer // *Nachr. Ges. Wiss. Göttingen.* 1892. Bd. 48. S. 419.
1736. *Richard J.* Sur la Gaz de la Vessie nataoire des Poissons // *C. r. Acad. sci.* 1895. Vol. 120. P. 745.
1737. *Richards M.B.* Manganese in relation to nutrition // *Biochem. J.* 1930. Vol. 24. P. 1572.
1738. *Richter O.* Die Ernährung der Algen // *Monogr. Intern. Rev. Hydrobiol Hydrogr.* 1911. Bd. 2. S. 1–192.
1739. *Richter P.* Wer hat zuerst die *Spongia usra* gegen Kropf empfohlen? // *Arch. klin. Chir.* 1907. Bd. 82. S. 951.
1740. *Riddell W.A.* The nutritive value of marine products. XI. Proximate analysis of canned British Columbia Coho (blueback) salmon // *J. Biol. Board. Canada.* 1936a. Vol. 2. P. 463.
1741. *Riddell W.A.* The nutritive value of marine products. XII. Mineral constituents of some food fishes of British Columbia // *Ibid.* 1936b. Vol. 2. P. 469.
1742. *Riddell W.A.* The nutritive value of marine products. XIII. Mineral constituents of the flesh, skin, bone and free liquor in canned British Columbia Coho (blue-back) salmon // *Ibid.* 1936c. Vol. 2. P. 473.
1743. *Riegel J.* Über das Vorkommen des Iods // *Iber. Fortschr. Chem.* 1853. S. 329.
1744. *Riesser O.* Fortgesetzt vergleichend pharmakologische und physiologische Untersuchung an den Muskeln von Meerestieren // *Arch. exp. Pathol. Pharmacol.* 1928. Bd. 134. S. 1.
1745. *Riesser O., Hansen A.* Chemisch-analytische Untersuchungen an Muskeln von marinen Avertebraten // *Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem.* 1933. Bd. 219. S. 62.
1746. *Rigg G.B., Swain L.A.* Pressure-composition relationships of the gas in the marine brown alga *Nereocystis luetkeana* // *Plant Physiol.* 1941. Vol. 16. P. 361.
1747. *Rilev G.A.* The carbon metabolism and photosynthetic efficiency of the Earth as a whole // *Amer. Sci.* 1944. Vol. 32. P. 129.
1748. *Rimington Cl.* A reinvestigation of turacin, the copper porphyrin pigment of certain birds belonging to the Musophagidae // *Proc. roy. Soc. London B.* 1939. Vol. 127. P. 106.
1749. *Rimini E.* Sopra alcune conserve di uora di pesce // *Gazz. chim. ital.* 1903a. Vol. 33, no. 1. P. 44.
1750. *Rimini E.* Sopra alcune conserve di uova di pesce // *Staz. sper. agr. ital.* 1903b. Vol. 36. P. 249.
1751. *Rinck E., Brouardel J.* Sur les prétendues transmutations d'éléments constatées chez les végétaux: l'io-de chez *Laminaria flexicaulis* // *C. r. Acad. sci.* 1949. Vol. 228. P. 263.
1752. *Rinne F.* Röntgenographische Untersuchungen an einigen feinzerteilten Mineralien, Kunstprodukten und dichten Gesteinen // *Ztschr. Kristallogr.* 1924. Bd. 60. S. 55.

1753. *Rio A.M. del.* Discurso de las vetas // An. cienc. natur. 1804. Vol. 7. P. 30.
1754. *Ripperton J.C.* Iodine content of some Hawaiian marine food products // Rep. Hawaii Agr. Exp. Station. 1934. P. 27.
1755. *Rivière J.* Note sur la constitution chimique du *Fucus platycarpus*, Thur. // Bull. Soc. sci. natur. Maroc. 1924. Vol. 4. P. 46.
1756. *Robertson D.* *Bonnemaisionia asparagoides* C. Ag. that gave a blue stain to paper // Proc. Natur. Hist. Soc. Glasgow. 1897. Vol. 4. P. 172.
1757. *Robertson J.D.* The function of the calciferous glands of earthworms // J. Exp. Biol. 1936. Vol. 13. P. 279.
1758. *Robertson J.D.* The inorganic composition of the body fluids of three marine invertebrates // Ibid. 1939. Vol. 16. P. 387.
1759. *Robertson T.B., Wasteneys H.* On the changes in lecithin-content which accompany the development of sea-urchin eggs // Arch. Entwicklungsmech. Organism. 1913. Bd. 37. S. 485.
1760. *Robin P.* Sur la présence du fer dans les éponges communes // J. pharm. chim. Ser. 8. 1935. Vol. 21. P. 600.
1761. *Robinson W.O.* Selenium content of wheat from various parts of the world // Industr. Eng. Chem. 1936. Vol. 28, no. 1. P. 736.
1762. *Robinson W.O., Whetstone R., Scribner B.F.* The presence of rare earths in hickory leaves // Science. 1938. Vol. 87. P. 470.
1763. *Roche J.* Recherches sur les propriétés physico-chimiques des hémocyanines du poulpe et de la limule // Arch. phys. biol. 1930. Vol. 7. P. 207.
1764. *Roche J.* La composition des hémocyanines et de l'hémérythrine du Siponcle // Scand. Arch. Physiol. 1934. Vol. 69. P. 87.
1765. *Roche J.* Les pigments hématiniques des actinies (astinohématine) et le cytochrome B // C. r. Soc. biol. 1936a. Vol. 121. P. 69.
1766. *Roche J.* Les pigments hématiniques des actinies et l'actinohématine: Contribution à l'étude des cytochromes // Bull. Soc. chim. biol. 1936b. Vol. 18. P. 825.
1767. *Roche J.* Essai sur la biochimie générale et comparée des pigments respiratoires. P.: Masson, 1936c. 170 p.
1768. *Roche J., Bullinger E.* Recherches sur l'ossification. VII. La phosphatase du squelette (os, dents, dermosquelette) chez les poissons osseux ou cartilagineux // Bull. Soc. chim. biol. 1939. Vol. 21. P. 166.
1769. *Roche J., Fox H.M.* Crystalline Chlorocruorin // Nature. 1933. Vol. 132. P. 516.
1770. *Roche J., Lafon M.* Teneurs en iode, en tyrosine et en acides amidés iodés des gorgonines, mécanisme d'ioduration et spécificité de les protéines // C. r. Soc. biol. 1948. Vol. 142. P. 1200.
1771. *Roche J., Lafon M.* Sur la présence de diiodotyrosine dans les Laminaires // Ibid. 1949a. Vol. 229. P. 481.
1772. *Roche J., Lafon M.* Sur la teneur en iode et en tyrosine des spongines de diverses origines // Ibid. 1949b. Vol. 143. P. 521.
1773. *Rochleder F.* Ueber die Constitutuin der organischen Verbindungen // Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien. Math.-Naturwiss. Kl. 1854. Bd. U.S. 852; Bd. 12. S. 727.
1774. *Rodier E.* Sur la pression osmotique du sang et des liquides internes chez les poissons sélaciens // C. r. Acad. sci. 1900. Vol. 131. P. 1008.
1775. *Roff A.H., Correa L.M.* L'oeuf du mollusque *Voluta brasiliana* et l'emploi de sa membrane comme dialyseur // C. r. Soc. biol. 1927. Vol. 97. P. 420.
1776. *Rogall E.* Ueber der Feinbau der Kieselmembran der Diatomeen // Planta. 1939. Bd. 29. S. 279.
1777. *Rollett A.* Zur Kenntniss der Verbreitung des Hämatin // Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien. 1861. Bd. 44. No. 2. S. 615.
1778. *Roman W.* Das Vorkommen des Iods in der Natur // Naturwissenschaften. 1930a. Bd. 18. S. 792.
1779. *Roman W.* Eine vergleichende Uebersicht über den Iodgehalt von Meer- und Süßwasserfischen // Mitt. Dt. Seefisch Ver. 1930b. Bd. 46. S. 552.
1780. *Rosanoff S.* Observations sur les fonctions et les propriétés des pigments de diverses algues // Mém. Soc. imp. sci. natur. Cherbourg. Ser. 2. 1867. Vol. 13. P. 145.
1781. *Rose G.* Ueber die heteromorphen Zustände der kohlen sauren Kalkerde // Abh. preuss. Akad. Wiss. 1858. Bd. 42. S. 63.
1782. *Rose H.* Ueber die Zusammensetzung der Tantalite und ein im Tantalite von Baiern enthaltenes neues Metall // Ann. Phys. 1844. Bd. 139. S. 317.

1783. *Rose W.C., Bodansky M.* Biochemical studies on marine organisms. I. The occurrence of copper // *J. Biol. Chem.* 1920. Vol. 44. P. 99.
1784. *Rosedale J.L.* The amino acids of flesh. III. The diamino-acid content of fish // *Biochem. J.* 1929. Vol. 23. P. 161.
1785. *Rosenfeld M.* Ueber das Verhalten des Melanoidins und des iodhaltigen Spongomeloidins im thierischen Organismus // *Arch. exp. Pathol. Pharmacol.* 1901. Bd. 45. S. 51.
1786. *Rosenthaler L.* Über die Zusammensetzung von Drogenaschen // *Mikrochemie.* 1938. Bd. 25. S. 5.
1787. *Rosenthaler L., Beck G., Carrageen N.* France // *Pharm. acta helv.* 1937a. Vol. 12. P. 94.
1788. *Rosenthaler L., Beck G.* Microchemical investigations on plant and drug ashes // *Mitt. naturforsch. Ges. Bern.* 1937b. T. 2. S. 14.
1789. *Roth J.L.A.* Allgemeine und chemische Geologie. I–III. B.: Herz, 1928.
1790. *Rothera C.H.* Zur Kenntniss der Stickstoffbindung im Eiweiss // *Beitr. chem. Physiol. Pathol.* 1903. Bd. 5. S. 442.
1791. *Rothpletz A.* Über die Bildung der Oolithe // *Bor. Zbl.* 1892. Bd. 51. S. 265.
1792. *Rothschild, Lord, Tuft P.H.* The physiology of sea urchin spermatozoa: The dilution effect in relation to copper and zinc // *J. Exp. Biol.* 1949. Vol. 27. P. 59.
1793. *Roule L.* Considération sur plusieurs poissons abyssaux de structure abberante // *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, 1937. No. 726. Pp. 1–9.
1794. *Rouille G.F., D'Arceet.* Expériences faites d'après celle que M. Sage a communiqué à l'Académie Royale des Sciences le 23 maes 1778 sur la quantité de l'or qu'on retire de la terre végétale entre autre et des cendres des végétaux. 1779.
1795. *Rouelle H.-M.* Observations sur l'urine de chameau fraiche et putréfiée ...S.L.: S.n., 1777. 7 p.
1796. Royal Society of London. The atoll of Funafuti. L.: Roy. Soc., 1904. 428 p.
1797. *Rückert C.A.* Der Feldbau, chemisch untersucht. Erlangen: Palm, 1789–1791. Bd. 1–3.
1798. *Rudakov K.I.* Die Reduktion der mineralischen Phosphate auf biologischen Wege // *Zbl. Bakteriol. Abt. 2.* 1927. Bd. 70. S. 202–214.
1799. *Rudler F.W.* Pearl // *Encyclopedia Britannica.* 9th. ed. Edinburgh: Adam and Charles Black, 1885. Vol. 18.
1800. *Rudra M.N.* Manganese content of India foodstuffs and other materials // *J. Ind. Chem. Soc.* 1939. Vol. 16. P. 131.
1801. *Russell E.J.* The composition of seaweed and its use as manure // *J. Board. Agr.* 1910. Vol. 17. P. 458.
1802. *Russell E.S.* Report on seasonal variation in the chemical composition of oysters // *Fish. Invest. Ser. II.* 1923. Vol. 6, no. 1. Pp. 1–24.
1803. *Russell P.* An account of the tabasheer // *Philos. Trans. Roy. Soc. London.* 1790. Vol. 80, no. 2. P. 273.
1804. *Russo G.* Prolégomènes à l'étude des rapports entre la nature des terrains et le développement des parasites humains au Maroc // *Bull. Soc. sci. natur. Maroc*, 1921. Vol. 1. P. 157.
1805. *Russo G.* Experiments on the chemical constitution of the genital glands. II. The amino acids of *Strongylocentrotus lividus* in the various periods of the functional cycle of the organ // *Arch. Sci. biol. Napoli.* 1926. Vol. 8. P. 293.
1806. *Rutherford D.* Dissertatio inauguralis de aere fixo dicto aut mephitico. Edinburgh: Balfour and Smellie, 1772. 25 p.
1807. *Ruder J.A.* Analysis of the Portuguese and common oyster // *Bull U.S. Fish. Comm.* 1882. Vol. 2. P. 338.
1808. *Saccardi P.* Sopra alcuni dati analitici relativi al nero di *Seppia* // *Arch. fisiol.* 1934. Vol. 34. P. 374.
1809. *Sadolin E.* The occurrence of arsenic in fish // *Dan. tidsskr. farm.* 1928a. Bd. 2. S. 186.
1810. *Sadolin E.* Untersuchungen über das Vorkommen des Arsens im Organismus der fische // *Biochem. Ztschr.* 1928b. Bd. 201. S. 323.
1811. *Saha K.C.* Copper content of fish [muscle] // *Ann. Biochem. Exp. Med.* 1941a. Vol. 1. P. 79.
1812. *Saha K.C.* Available iron in fish (and egg yolk). II. The nature of iron in fish tissue // *Ibid.* 1941b. Vol. 1. P. 195.
1813. *Salisbury L.F., Anderson R.J.* Concerning the chemical composition of *Cysticercus fasciolaris* // *J. Biol. Chem.* 1939. Vol. 129. P. 505.
1814. *Sandonnini C.* Sulla ripartizione dello iodio in alcuni crustacei // *Atti Soc. natur. mat. Modena.* 1930. Vol. 61. P. 131.
1815. *Santos F.O., Ascalon S.J.* Amount of nutrients in Philippine food materials // *Philipp. Agr.* 1931. Vol. 20, no. 6. P. 402.
1816. *Sarata U.* Studies in the biochemistry of copper. II. The copper content of the blood with a method for its determination // *Jap. J. Med. Sci. Ser. II. Biochem.* 1933. Vol. 2, no. 2. P. 261.

1817. *Sarata U.* Studies in the biochemistry of copper. Copper in blood and tissues of carp and bass especially in relation to sexual maturity // *Ibid.* 1938. Vol. 4. P. 37.
1818. *Sarphati S.E.* Commentation ad quaestionem chemicam: Inquiratur accuratis experimentis quibus in corporibus indigenis, sive vegetabilibus sive animalibus, Iodium, et quantum hujus cum in illis tum in aqua marina contineatur? Exponatur illius materiae nature, et conferatur ipsa cum affinis, Bromio praesertim et Chlorico // *Ann. Acad. Lugduno-Batavae.* Leijden, 1834.
1819. *Sarphati S.E.* Abhandlung über das Iod // *Repert. Pharm.* 1837. Bd. 9. S. 303.
1820. *Sarzeau.* De l'existence du cuivre dans les végétaux et dans le sang // *J. pharm. chim.* 1830. Vol. 16. Pp. 505–578.
1821. *Sasaki A.* Nitrogen distribution in fish meat // *Tohoku J. Exp. Med.* 1938. Vol. 34. P. 555.
1822. *Sato T.* Untersuchungen am Blut der gemeinen Japanischen Archemuschel (*Arca inflata*, Rve.) // *Ztschr. vergl. Physiol.* 1931. Bd. 14. S. 763.
1823. *Saussure T. de.* Recherches chimiques sur la végétation. P.: Nyon, 1804. 328 p.
1824. *Sauvageau C.* Utilisation des algues marines: Encyclopédie scientifique. P.: Dion, 1920. 394 p.
1825. *Sauvageau C.* Sur la naturalization en France d'une Floridée australiasienne (*Asparagopsis armata* Harv.) et sur ses ioduques // *C. r. Acad. sci.* 1925. Vol. 180. P. 1887.
1826. *Sauvageau C.* Sur la localization du brome chez une algue floridée (*Antithamnionella sarniensis* Lyle) // *Ibid.* 1925b. Vol. 181. P. 841.
1827. *Sauvageau C.* Sur les bromoques des *Antithamnion* Naeg // *C. r. Acad. sci.* 1925c. Vol. 181. P. 1041.
1828. *Sauvageau C.* Sur quelques algues floridées renfermant du brome à l'état libre // *Bull. Soc. sci. Arcachon.* 1926a. Vol. 23. P. 5.
1829. *Sauvageau C.* Algues floridées renfermant de l'iode à l'état libre // *Rev. bot. appl.* 1926b. Vol. 6. P. 169.
1830. *Sauvageau C.* Sur le *Fucus lutarius* et sur l'iode libre de certaines algues // *Bull. Soc. sci. Arcachon.* 1927. Vol. 24, no. 1. P. 75.
1831. *Sauvageau C., Denigès G.* Sur les efflorescences des algues marines du genre *Cystoseira* // *C. r. Acad. sci.* 1921. Vol. 173. P. 1049.
1832. *Schäfe.* Ueber Thiercellulose // *J. Liebigs Ann. Chem.* 1871. Bd. 160. S. 312.
1833. *Scharlau G.W.* Elementaranalytische Untersuchungen über Blut und Galle // *Pharm. Zbl.* 1844. Bd. 15. S. 9.
1834. *Scharrer K.* Chemie und Biochemie des Iods. Stuttgart: Enke, 1928. 192 S.
1835. *Scheele C.W.* Undersökning om fluss-spat och dess syra // *Kgl. sven. vetensk. akad. handl.* 1771. Bd. 32. S. 120.
1836. *Scheele C.W.* Om Brunsten eller Magnesia nigra och des Segenskaper // *Ibid.* 1774a. Bd. 35. S. 177.
1837. *Scheele C.W.* De magnesia nigra. Stockholm, 1774b.
1838. *Scheele C.W.* De arsenico ejusque acido. Stockolm, 1775.
1839. *Scheele C.W.* Fötsök med Blyerts, Molybdaena // *Kgl. sven. vetensk. akad. handl.* 1778. Bd. 39. S. 247.
1840. *Scheele C.W.* Examen chemicum de terra ponderosa. Stockholm, 1779.
1841. *Scheele C.W.* Tungstens Beständsdelar // *Kgl. sven. vetensk. akad. handl.* 1781. Bd. 2. S. 89.
1842. *Scheele C.W.* Opuscula Chemica et Physica / Transl. by G.H. Schäffer; Ed. by E.B.G. Hebenstreit. Leipzig: Müller, 1788–1789. Vol. 1–2.
1843. *Scheffer H.T.* Chemische Vorlesungen über die Salze, Erdarten, Wasser... / Ed. by T. Bergmann. Greisswalde: Schwes und Weigel, 1779.
1844. *Schepotieff A.* Untersuchngen über niedere Organismen. I. Die Gastraeaden (*Haliphysema* und *Gastrophysema*) // *Zool. Jb. Abt. Anat. Ontog.* 1911–1912a. Bd. 32. S. 43.
1845. *Schepotieff A.* Untersuchungen über niedere Organismen. II. Die Xenophyophoren des Indischen Ozeans // *Ibid.* 1911–1912b. Bd. 32. S. 245.
1846. *Scheuring L.* Biologische und physiologische Untersuchungen an Forellensperma // *Arch. Hydrobiol. Plankt.* 1928. Bd. 4, Suppl. S. 181.
1847. *Schiapparelli C., Peroni G.* Di alcuni nuovi componenti della urina umamo normale // *Atti Accad. Torino*, 1879. Vol. 15. P. 715.
1848. *Schlatter M.J.* Analyses of the blood serum of *Cambarus clarkii*, *Pachygrapsus crassipes* and *Palinurus interruptus* // *J. Cell. Comp. Physiol.* 1941. Vol. 17. P. 259.
1849. *Schlenk Jr., Kahmann W., Kahmann H.* Die chemische Zusammensetzung des Spermaliquors und ihre physiologische Bedeutung // *Biochem. Ztschr.* 1938. Bd. 295. S. 283.
1850. *Schlieper C.* Die Osmoregulation wasserlebender Tiere // *Biol. Rev. Cambridge. Philos. Soc.* 1930. Vol. 5. P. 309.

1851. *Schloesing T., Richard J.* Recherche de l'argon dans le gaz de la vessie natatoire des poissons et des Physalies // C. r. Acad. sci. 1896. Vol. 122. P. 615.
1852. *Schlossberger J.C.* Erster Versuch einer allgemeinen und vergleichenden Thierchemie. Leipzig: Winter, 1854–1856. Lfg. 3.
1853. *Schlossberger J.C.* Concremente aus dem Bojanus'schen Organ // J. Liebigs Ann. Chem. 1856. Bd. 98. S. 356.
1854. *Schlossberger J.C.* Ueber das Blut der Cephalopoden // Ibid. 1857. Bd. 102. S. 86.
1855. *Schmelck L.* Chemical examination of shells of Mollusca and dried Echinodermata // Norw. N. Atlant. Exped., 1876–1878. Zoology. 1901. Vol. 7, no. 28. P. 129.
1856. *Schmidt C.* Zur vergleichenden Physiologie der Wirbellosen Thiere: Eine physiologische-chemische Untersuchung. Braunschweig: Vieweg, 1845. Bd. 1–5.
1857. *Schmidt C.L.A.* Properties of haemocyanin as antigen // J. Biol. Chem. 1920. Vol. 41. P. Ixix.
1858. *Schmidt W.J.* Die Bausteine des Tierkörpers in polarisiertem Lichte. Bonn: Cohen, 1924. 528 S.
1859. *Schmidt W.J.* Das Wesen der Mandlschen Körperchen in den Teleosteerschuppen, ein Beitrag zum Verständnis der Kalkabscheidung bei der Bildung der Knochenartigen Gewebe // Ztschr. Naturforsch. B. 1947. Bd. 2. No. 5/6. S. 233–238.
1860. *Schmidt-Nielsen S., Flood A.* Chemische Analysen der Leber des Riesen-Tintenfisches // Kgl. norske vidensk. selsk. forh. 1926–1928. Bd. 1. S. 81.
1861. *Schmidt-Nielsen S., Hammer L.* Ueber den hohen Furfurolgehalt von *Rhodymenia palmata* // Ibid. 1932. Bd. 5. S. 158.
1862. *Schmidt-Nielsen S., Stene J.* Biochemische Untersuchungen der Fischmuskulatur. I Die Löslichkeit der Muskelproteine von Dorsch und Scholle in Kochsalzlösung // Ibid. 1931a. Bd. 4. No. 20. S. 70.
1863. *Schmidt-Nielsen S., Stene J.* Analysis of the eggs of *Raja oxyrrhynchus* // Ibid. 1931b. Bd. 4. No. 28. S. 100.
1864. *Schmiedeberg O.* Ueber die chemische Zusammensetzung der Wohnröhren von *Onuphis tubicula* Müll // Mitt. zool. staz. Neapel. 1882. Bd. 3. S. 373.
1865. *Schmitz A.* Zur Struktur der Hämocyane. I. Über die Isolierung der "Hämocuprin" genannten Kupferkomponente von Hämocyanin (*Oetopus vulgaris*) // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1931a. Bd. 194. S. 232.
1866. *Schmitz A.* Zur Struktur der Hämocyane. II. Über die Reaktionsvorgänge bei der Isolierung des Hämocuprins // Ibid. 1931b. Bd. 196. S. 71.
1867. *Schneider R.* Ueber Eisenresorption in thierischen Organen und Geweben // Abh. preuss. Akad. Wiss. 1888. Bd. 2. S. 1–68.
1868. *Schneider R.* Die Neuesten Beobachtungen über natürliche Eisenresorption in thierischen Zellkernen und einige charakteristische Fälle der Eisenverwerthung im Körper von Gephyreen // Mitt. zool. Staz. Neapel. 1897. Bd. 12. S. 208.
1869. *Schneider R.* Verbreitung und Bedeutung des Eisens im animalischen Organismus // Sitzungsber. preuss. Akad. Wiss. (Phys.-Math. Kl.). 1922. S. 294.
1870. *Scholles W.* Ueber die Mineralregulation wasserlebender Evertrebraten // Ztschr. vergl. Physiol. 1933. Bd. 19. S. 522.
1871. *Schreiber E.* Die Reinkultur von marinem Phytoplankton und deren Bedeutung für die Erforschung der Produktionsfähigkeit des Meerwassers // Wiss. Meeresuntersuch. (Abt. Helgoland). 1927. Bd. 16. No. 10. S. 1–34.
1872. *Schröder O.* Neue Radiolarien // Deutschen Südpolar-Expedition. (Zoology). 1901–1903. Bd. 1, H. 4. S. 209.
1873. *Schröder O.* Eine gestielte Acanthometride (*Podactinellus sessilis* nov. gen. nov. spec) // Verh. naturhist.-med. Ver. Heidelberg. 1904–1908. Bd. 8. S. 369.
1874. *Schroeder H.* Die jährliche Gesamtproduktion der grünen Pflanzendecke der Erde // Naturwissenschaften. 1919. Bd. 7. S. 8–12.
1875. *Schücking A.* Zur Physiologie der Befruchtung, Parthenogenese und Entwicklung // Pflügers. Arch. ges. Physiol. 1903. Bd. 97. S. 58.
1876. *Schuetz H.A., Hoffman A.E.* Notes on the chemical composition of some of the larger aquatic plants of Lake Mendota. I. *Cladophora* and *Meriophyllum* // Trans. Wis. Acad. Sei. Arts Lett. 1921. Vol. 20. P. 529.
1877. *Schultze M.* Beobachtung über die Fortpflanzung der Polythalamien // Arch. Anat. Physiol. 1856. Bd. 23. S. 165.

1878. *Schulze F.E.* Report of the scientific results of the voyage of the Challenger // Challenger Rep. 1873. Vol. 21. P. 2.
1879. *Schulze F.E.* Hexactinellida // Wiss. Ergebn. "Valdivia". 1898–1899. Bd. 4. S. 1–266.
1880. *Schulze F.E.* Die Xenophyophoren des Siboga-Expedition. Leiden: Brill, 1906. Book 31, monogr. 4. 18 p.
1881. *Schulze F.E.* Xenophyophora // Zool. Anz. 1912. Bd. 39. S. 38.
1882. *Schulze F.E., Thierfekder H.* Ueber baryumsulfat Meerestieren (*Xenophyophora* F.E. Sch.) // Sitzungsber. Ges. naturforsch. Freunde. Berlin. 1905. S. 2.
1883. *Schulze F.N.* Ueber das Vorkommen von Gallenfarbstoffen im Gehäuse von Mollusken // Ztschr. allg. Physiol. 1903. Bd. 3. S. 91.
1884. *Schulze F.N., Becker M.* Haliotis-indigo, der blaue Gehäusefarbstoff von *Haliotis californiensis* // Biochem. Ztschr. 1931. Bd. 236. S. 99.
1885. *Schulze P., Kunike G.* Zur Mikrochemie tierischer Skelettsubstanzen // Biol. Zbl. 1923. Bd. 43. S. 556.
1886. *Schumann F.* Experimentale Untersuchung über die Bedeutung einiger Salze, insbesondere des kohlen-sauren Kalkes, für Gammariden und ihren Einfluss auf deren Häutungsphysiologie und Lebensmöglich-keit // Zool. Jb. Abt. allg. Zool. und Physiol. 1927. Bd. 44. S. 623.
1887. *Schurig W.* Anatomie der Echinothuriden // Wiss. Ergebn. "Valdivia". 1906. Bd. 5. S. 291.
1888. *Schütz F.* Ueber den Stickstoffumsatz hungernder Fische: Diss. B.: Ebering, 1912. 39 S.
1889. *Schütze W.* Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung der Arthropodenmuskulatur // Zool. Jb. Abt. allg. Zool. und Physiol. 1832. Bd. 51. S. 505.
1890. *Schwalbe G.* Kleinere Mittheilungen zur Histologie wirbelloser Thiere // Arch. mikrosk. Anat. 1869. Bd. 5. S. 248.
1891. *Schwarz B.B.* Die Bedeutung des Hämoglobins beim Regenwurm // Pflügers. Arch. ges. Physiol. 1920. Bd. 185. S. 316.
1892. *Schweigger A.F.* Beobachtungen auf naturhistorischen Reisen. B.: Reimer, 1819. 127 S.
1893. *Schweigger A.F.* Handbuch der Naturgeschichte. Leipzig, 1820.
1894. *Schweitzer E.G.* Analysis of three species of *Fucus* // Rep. Brit. Assoc. (Notices and Abstr.). 1845. P. 37.
1895. *Scott L.* Über Iodospongin // Biochem. Ztschr. 1906. Bd. 1. S. 369.
1896. *Scurti F.* Sulla funzione del iodio nelle alghe marine // Gazz. chim. ital. 1906. Vol. 36, no. 2. P. 619.
1897. *Segers-Laureys A.* Recherches sur la composition et la structure de quelques algues officinales // Rec. Inst. bot Léo Errera. 1913. Vol. 9. P. 81.
1898. *Séguin A.* Extrait d'un ouvrage de M. Lavoisier // Ann. chim. (phys.). Ser. 1. 1801. Vol. 2. P. 226.
1899. *Seiwell H.R., Seiwell G.E.* Investigation of the phosphorus cycle and associated factors in the North Atlantic basin // Rep. Woods Hole Oceanogr. Inst. 1930–1932 (1933). S. 46.
1900. *Seiwell H.R., Seiwell G.E.* The sinking of decomposing plankton in seawater and its relationship to oxygen consumption and phosphorus liberation // Proc. Amer. Philos. Soc. 1937. Vol. 78. P. 465.
1901. *Sekine H.* Biochemical studies of Salmonidae. I. The metabolic changes through the egg and larval stages of the salmon (*Oncorhynchus keta* Wahlbaum) // J. Agr. Chem. Soc. Jap. 1929. Vol. 5. P. 601.
1902. *Sempolowski L.* Untersuchungen von Seetieren auf ihren Gehalt an agritektur-chemisch wichtigen Stoffen // Landw. Versuchsw. 1889. Bd. 36. S. 61.
1903. *Sengbusch A.F. von.* Der Werth des Seetang'a als Dünge- und Füttermittel // Balt. Wochenschr. Landw. 1894. Bd. 32. S. 756.
1904. *Sernander R.* Svenska Kalktuffer // Geol. fören. Stockholm, förhandl. 1916. Bd. 38. S. 127.
1905. *Serres M. de, Figuier L.* Observations sur la pétrification des coquilles dans la Méditerranée // Ann. Sci. natur. zool. Ser. 3. 1847. Vol. 7. P. 21.
1906. *Servigne M., Tchakirian A.* Sur la présence d'éléments des terres rares dans les algues calcaires (*Lithothamnium calcareum*) // C. r. Acad. sci. 1939. Vol. 209. P. 570.
1907. *Sestini F.* Une plante marine employée comme fumier dans la ligurie // J. agr. prat. 1875. P. 388.
1908. *Sestini F.* Sopra alcune piante marine utili all' agricoltura // Staz. sper. agr. ital. 1876. Vol. 5. P. 102.
1909. *Sestini F.* Sopra alcune piante marine della laguna veneta // Ibid. 1877. Vol. 6. P. 207.
1910. *Sestini F., Bomboletti A., Benzoni del Torr G.* (Die Zusammensetzung einiger Meerespflanzen) // Ibid. 1877. Vol. 5. P. 207.
1911. *Seuffert D.W.* Studien zur chemischen Zusammensetzung der Muschelflüssigkeit und der Asche von *Anodonta* // Beitr. Physiol. 1928. Bd. 3. S. 295.
1912. *Severy H.W.* The occurrence of copper and zinc in certain marine animals // J. Biol. Chem. 1923. Vol. 55. P. 79.

1913. *Shackleton L.S., McCance R.A.* The ionisable iron in foods // *Biochem. J.* 1936. Vol. 30. P. 582.
1914. *Sharples S.P.* On some rocks and other dredgings from the Gulf Stream // *Amer. J. Sci. Ser. 3.* 1871. Vol. 1. P. 168.
1915. *Shaxby J.H.* On the use of monochromatic X-ray in the production of Laue diagrams, and on the structure of Mother-of-Pearl // *Philos. Mag. Ser. 6.* 1925. Vol. 49. P. 1201.
1916. *Shepherd E.S.* Note on the fluorine content of rocks and ocean-bottom samples // *Amer. J. Sci.* 1940. Vol. 238. P. 117.
1917. *Sheviakov W.* Ueber die chemische Natur der Skelette und den hydrostatischen Apparat der Radiolaria – *Acanthometra* // *Ztschr. Naturwiss.* 1902. Bd. 75. S. 239.
1918. *Sheviakov W.* Die Acantharia des Golfes von Neapel. Rome: Brardi, 1926. 755 p. (Pubbl. Staz. zool. Napoli.; Monogr. 37.)
1919. *Shimada K., Kaneda T.* On the compositions of the bone and scale of several fishes // *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 1936. Vol. 5. P. 311.
1920. *Shimidzu W.* Studies on oysters. I. Constituents of oysters // *Bull. Agr. Chem. Soc. Jap.* 1929. Vol. 5. P. 34.
1921. *Shiori M., Mitui S.* On the chemical composition of come algae and weeds developing in the paddy field and their decomposition in the soil // *J. Sci. Soil.* 1935. Vol. 9. P. 261.
1922. *Shostrom O.E., Clough R.W., Clark E.D.* A chemical study of canned salmon. I. Variations in composition of the Pacific Coast salmons and steelhead trout as influenced by species and locality where caught // *Industr. Eng. Chem.* 1924. Vol. 16. P. 283.
1923. *Shutt F.T.* Analyses of muck, marl, and seaweed // *Rep. Exp. Farm. Canada.* 1894. P. 158.
1924. *Siedler P.* Schwamm // *Handwörterbuch der Pharmacie.* Vienna: Brestowski, 1896. Bd. 2. S. 538.
1925. *Siegert T.* Copper in the blood of *Helix nemoralis* and *pomatia* // *Ber. naturwiss. Ges. Chemnitz.* 1873. Bd. 4. S. 69.
1926. *Silberstein L.* Sur le soufre contenu dans l'organisme des animaux // *Bull. Soc. chim. biol.* 1934. Vol. 16. P. 285.
1927. *Silliman B.* On the chemical composition of the calcareous corals // *Amer. J. Sci. Ser. 2.* 1846. Vol. 1. P. 189.
1928. *Simpson E.S.* The minor elements in living organisms // *Chem. Eng. Miner. Rev.* 1932. Vol. 24. P. 323.
1929. *Singh I.* Factors affecting the sodium, potassium and total base content of the anterior retractor of the byssus of *Mytilus edulis* // *J. Physiol.* 1938. Vol. 91. P. 398.
1930. *Sioli H.* Ueber den Chemismus der Reparatur von Schalendefekten bei *Helix pomatia* // *Zool. Jb. (Abt. allg. Zool. ung Physiol.)*. 1934. Bd. 54. S. 507.
1931. *Sirahama K.* Some new ingredients of brown algae. VIII. Brown compounds of phosphorus // *J. Agr. Chem. Soc. Jap.* 1938a. Vol. 14. P. 1325.
1932. *Sirahama K.* Brown algae // *Ibid.* 1938a. Vol. 14. P. 1433.
1933. *Sjöstedt G.* Om järnutt fällning hos hafsalger vid skånes kuster // *Bot. Notis.* 1921. P. 101.
1934. *Skeats E.W.* The chemical composition of limestone from upraised coral islands with notes on their microscopical structure // *Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard.* 1903. Vol. 42. P. 53.
1935. *Skinner J.J., Jackson A.M.* Alunite and kelp as potash fertilizers // *Circ. U.S. Div. Soils.* 1913. No. 76. Pp. 1–5.
1936. *Skinner J.T., Peterson W.H.* The iron and manganese content of feeding stuffs // *J. Biol. Chem.* 1928. Vol. 79. P. 679.
1937. *Skinner J.T., Peterson W.H.* The determination of manganese in animal materials // *Ibid.* 1930. Vol. 88. P. 347.
1938. *Slavilová L., Slavik F.* Studie o železných rudách českého spodního siluru (I–III) // *Rozpr. České Akad. Cl. 2.* 1917. Sv. 26. No. 33. S. 1–44; no. 37. S. 1–60; no. 62. S. 1–50.
1939. *Smith E.E.* Aluminum compounds in food. N.Y.: Hoeber, 1928. 378 p.
1940. *Smith H.M.* The seaweed industries of Japan // *Bull. U.S. Fish Comm.* 1904. Vol. 24. P. 135.
1941. *Smith H.W.* The composition of the body fluids of elasmobranchs // *J. Biol. Chem.* 1929a. Vol. 81. P. 407.
1942. *Smith H.W.* The composition of the body fluids of goosfish (*Lophius piscatorius*) // *Ibid.* 1929b. Vol. 82. P. 71.
1943. *Smith H.W.* The absorption and excretion of water and salts by marine teleosts // *Amer. J. Physiol.* 1928. Vol. 93. P. 480.
1944. *Smith H.W.* The absorption and excretion of water and salts by the elasmobranch fishes. I. Fresh water elasmobranchs // *Ibid.* 1931. Vol. 98. P. 279.

1945. *Smith H.W.* The retention and physiological role of urea in the Elasmobranchii // *Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc.* 1936. Vol. 11. P. 49.
1946. *Smith J.G.* Sponges as fertilizer // *J. Industr. Eng. Chem.* 1913. Vol. 5. P. 850.
1947. *Smith W.W., Tait Th.* The atomic weight of the calcium contained in very old potassium-rich minerals occurring at Partsoy, Banffshire and at Cape Wrath, Sutherlandshire // *Proc. Roy. Soc. Edinburgh.* 1934. Vol. 54. P. 88.
1948. *Śhiadecki J.* Andreas Sniadezki's ... Theorie der organischen wesen. Aus der polnischen Urschrift übersetzt von Andreas Neubig. Nürnberg: Zeh'sche, 1821. 163 S.
1949. *Solberg E.* Dorschrogen // *Ztschr. Untersuch. Nahr- und Genussm.* 1908. Bd. 16. S. 364.
1950. *Sollas I.B.J.* The molluscan radula: Its chemical composition and some points in its development // *Quart. J. Microsc. Sci.* 1907. Vol. 51. P. 115.
1951. *Sollas W.J.* On the physical characters of calcareous and siliceous sponge-spicules and other structures // *Proc. Roy. Soc. Dublin. Ser. 2.* 1885. Vol. 4. P. 374.
1952. *Sollas W.J.* Notes on artificial deposition of crystals of calcite on spicules of a calci-sponge // *Proc. Roy. Soc. Dublin.* 1886–1887. Vol. 5. P. 73.
1953. *Sommer A.* Ueber den Meerschwamm als Heilmittel gegen Kropf // *Kastner. Arch. Naturl.* 1834. Bd. 26. S. 82.
1954. *Sommer A., Preuss J.* Ueber *Spongia* und *Spongia usta* // *Pharm. Zb.* 1837. Bd. 8. S. 169.
1955. *Sonstadt E.* Preliminary note on a newly discovered property belonging to rubidium and caesium and their occurrence in sea-water and in marine products // *Chem. News.* 1870. Vol. 22. P. 25.
1956. *Sonstadt E.* On the presence of iodate of calcium in sea water // *Chem. News.* 1872. Vol. 25. Pp. 196, 231, 241.
1957. *Sorby H.C.* On the organic origin of the so-called "Cristalloids" of the chalk // *Ann. Mag. Natur. Hist.* Ser. 3. 1861. Vol. 8. P. 193.
1958. *Sorby H.C.* On the evolution of haemoglobin // *Quart. J. Microsc. Sci.* 1876. Vol. 16. P. 78.
1959. *Sorby H.C.* Structure and origin of limestones // *Quart. J. Geol. Soc. London.* 1879. Vol. 35. P. 39.
1960. *Souterbicq J.* Sur le taux de l'ammoniaque dans les liquides du milieu intérieur de quelques Invertébrés // *C. r. Soc. biol.* 1935. Vol. 120. P. 453.
1961. *Spek J.* Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung und Entwicklung der Radula der Gastropoden // *Ztschr. Wiss. Zool.* 1921. Bd. 118. S. 313.
1962. *Spooner G.M.* Observations on the absorption of radioactive strontium and yttrium by marine algae // *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 1949. Vol. 28. Pp. 587–625.
1963. *Sprengel C.* Von den Substanzen der Ackerkrume und des Untergrundes; insbesondere wie solche durch die chemische Analyse entdeckt und von einander Geschieden werden können; in welchen Fällen sie dem Pflanzenwachstume förderlich oder hinderlich sind und welchen Zerseizungen sie im Boden erleiden // *J. Tech. Ökon. Chem.* 1828. Bd. 2. S. 423.
1964. *Sprengel C.* Chemie für Landwirthe, Forstmänner, und Cameralisten: Göttingen: Vandenhoeck und Ruprecht, 1831–1832. Bd. 1–2.
1965. *Städeler G., Frerichs F.T.* Ueber das Vorkommen von Harnstoff, Taurin, und Scyllit in den Organen der Plagiostomen // *J. prakt. Chem.* 1858. Bd. 73. S. 48.
1966. *Stanford E.C.C.* On the manufacture of kelp // *Pharm. J. Ser. 2.* 1862. Vol. 3. P. 495.
1967. *Stanford E.C.C.* On the manufacture of iodine // *Chem News.* 1877. Vol. 35. P. 172.
1968. *Stanford E.C.C.* Iodine in cod liver oil // *Pharm. J. Ser. 3.* 1883a. Vol. 14. P. 353.
1969. *Stanford E.C.C.* Algin: A new substance obtained from some of the commoner species of marine algae // *Pharm. J.* 1883b. Vol. 13. P. 1037.
1970. *Stanford E.C.C.* Iodine in cod liver oil // *Chem. News.* 1883c. Vol. 48. P. 233.
1971. *Stanford E.C.C.* The economic applications of seaweed // *Pharm. J.* 1884. Vol. 14. P. 1049.
1972. *Stark W.* Über die Goldführung der Meere // *Helv. chim. acta.* 1943. Vol. 26. P. 424.
1973. *Stary Z., Andratschke I.* Beiträge zur Kenntnis einiger Skleroproteine // *Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem.* 1925. Bd. 148. S. 83.
1974. *Stedman E., Stedman E.* Haemocyanin. II // *Biochem.* 1926a. Vol. 20. P. 938.
1975. *Stedman E., Stedman E.* Haemocyanin. III // *Ibid.* 1926b. Vol. 20. P. 949.
1976. *Stedman E., Stedman E.* Haemocyanin. IV // *Ibid.* 1927. Vol. 21. P. 533.
1977. *Stedman E., Stedman E.* Haemocyanin. V // *Ibid.* 1928. Vol. 22. P. 889.
1978. *Stedman E., Stedman E.* The oxygen dissociation curve of the haemocyanin from the edible snail (*Helix pomatia*) // *Amer. J. Physiol.* 1929. Vol. 90. P. 529.

1979. *Stein W.* Noch etwas über den Iodgehalt des Leberthrans // J. prakt. Chem. 1840. Bd. 21. S. 308.
1980. *Steinecke F.* Limonitbildende der Neide-Flachmoore // Bot. Arch. 1923. Bd. 4. S. 403.
1981. *Stendel H., Osato S.* Über die Zusammensetzung der Heringseier. II. Die Eischalen // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1923a. Bd. 127. S. 220.
1982. *Stendel H., Osato S.* Über die Zusammensetzung der Heringseier. III. Untersuchung der Eier mit metrischen Methoden // Ibid. 1923b. Bd. 131. S. 60.
1983. *Stensiö E.* The devonian and devonian vertebrates of Spitsbergen // Skr. norske vidensk. akad. 1927. No. 12. S. 1–391.
1984. *Sterkers E.* The manufacture of iodine and iodides beginning with the ash of seaweeds // Rev. chim. industr. 1914. Vol. 25. P. 177.
1985. *Steuer A.* Planktonkunde. B.: Teubner, 1910. 723 S.
1986. *Stevenson C.H.* A bibliography of publication in the English language relative to oysters and the oyster industries // Rep. U.S. Comm. Fish. 1894. Vol. 18. P. 305.
1987. *Stewart G.R.* Availability of the nitrogen in Pacific coast kelps // J. Agr. Res. 1915. Vol. 4. P. 21.
1988. *Stock A., Cucuel F.* Die Verbreitung des Quecksilbers // Naturwissenschaften. 1934. Bd. 22. S. 390.
1989. *Störer F.H.* Agriculture in some of its relations with chemistry. N.Y.: Scribner, 1887. Vol. 1. 529 p.
1990. *Stoklasa J.* Biochemischer Kreislauf des Phosphat-ions im Boden // Zbl. Bakteriologie. Abt. 2. 191. Bd. 29. S. 385.
1991. *Stoklasa J.* De l'influence de l'uranium et du plomb sur la végétation // C. r. Acad. sci. 1913. Vol. 156. P. 153.
1992. *Stoklasa J.* Über der Verbreitung der Aluminiums in der Natur und seine Bedeutung beim Bau- und Stoffwechsel der Pflanzen. Jena: Fischer, 1922. 500 S.
1993. *Stoklasa J. (unter Mitwirkung van J. Šebor, V. Zdobnichý, E. Napravitl und J. Hromádko).* Ueber die Radioaktivität des Kaliums und ihre Bedeutung in der chlorophyllösen und chlorophyllhaltigen Zelle. I // Biochem. Ztschr. 1920. Bd. 108. S. 109.
1994. *Stolfi G.* L'accrescimento embrionale del *Loligo vulgaris* // Rend. Accad. Lincei. Cl. sci. fis. 1933. Vol. 18, no. 6. P. 516.
1995. *Stratingh S.* Bericht über einige Versuche hinsichtlich der Darstellung des Iods // Apothekerzeitung. 1823. Bd. 15. S. 282.
1996. *Straub J.C.* Bemerkungen über Quellen und Anwendung der Iodine // Ann. Phys. 1820. Bd. 66. S. 249.
1997. *Strohecker R., Vaubel R., Breitwieser K.* Vorkommen und Nachweis der Kieselsäure in verschiedenen Lebensmitteln // Ztschr. Untersuch. Lebensmitt. 1935. Bd. 70. S. 345.
1998. *Stromer von Reichenbach E.* Lehrbuch der Paläozoologie. T. I. Wirbellose Tiere. Leipzig: Teubner, 1909. 342 S.
1999. *Stromeyer F.* Untersuchungen über das Cadmium // Schweigger's J. Chem. Phys. 1818. Bd. 22. S. 362.
2000. *Struve G.A.* Ueber die Kieselerde als Bestandtheil einiger Pflanzen // J. prakt. Chem. 1835. Bd. 5. S. 450.
2001. *Stuckert G.V.* The chemical composition of the ash of *Artemia salina* (L.) from the Mar Chiquita (Cordoba) // Invest. Lab. quim. biol. 1933. Vol. 1. P. 202.
2002. *Stundl K.* Zur Methodik der Bestimmung des Gesamtstickstoffs und Phosphors im Wasser und im Plankton // Ztschr. Hyg. Infektionskrankh. 1937. Bd. 120. S. 226.
2003. *Sturm A.* Der Kreislauf des Iods in der Natur und seine Beziehung zum Menschen // Klin. Wochenschr. 1931. Bd. 10. S. 1649.
2004. *Stutzer A.* Die Bestandtheile der wichtigsten Nahrungsmittel für Kranke und Kinder und zur Ernährung empfohlener Heilmittel // Pharm. Ztschr. Russ. 1882. Bd. 21. S. 724.
2005. *Sugimoto K.* Iodine in Gorgonian corals // J. Biol. Chem. 1928. Vol. 76. P. 723.
2006. *Sullivan B.* The inorganic constituents of wheat and flour // Cereal Chem. 1933. Vol. 10. P. 503.
2007. *Sundvik E.E.* Om bromoch iodhalten i Östersjöns alger // Medd. Soc. fauna flora fenn. 1903–1904. Vol. 30. P. 25.
2008. *Suneson S.* Beitrag zur Frage von der Iodverflüchtigung bei den Laminariaarten // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1932. Bd. 213. S. 270.
2009. *Suto R.* Zur Frage des Mangans in der Steckmuschel. Ein Beitrag zur Kenntnis des Pinnaglobins // Jap. J. Zool. 1938. Vol. 8. P. 123.
2010. *Suzuki S.* Kurze Mitteilung betreffend organische Phosphorverbindungen des Achteufers // Jap. J. Med. Sci. Ser. II. Biochem. 1934. Vol. 2. P. 355.
2011. *Suzuki U., Yoshimura K., Jamakawa M., Irie Y.J.* The extractives of fish muscle // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1909. Bd. 62. S. 1.

2012. *Suzuki U.* et al. Über die Extraktivstoffe des Fischfleisches und der Muscheln // J. Coll. Agr. Tokyo. 1912. Vol. 5, no. 1. Pp. 1–24.
2013. *Svedberg The.* Sedimentation constants, molecular weights and isoelectric points of the respiratory proteins // J. Biol. Chem. 1933. Vol. 103. P. 311.
2014. *Svedberg The.* Die Ultrazentrifuge und ihr Verwendungsgebiet // Ber. Dt. chem. Ges. 1934. Bd. 67. S. 117.
2015. *Svedberg The, Hedenius A.* The sedimentation constants of the respiratory proteins // Biol. Bull. Woods Hole. 1934. Vol. 66. P. 191.
2016. *Svenonius F.* Om den s.k. Sevegruppen i nordligaste Jämtland och Ångermanland samt dess förhållande till fossilförande lager // Geol. foren. Stockholm förhandl. 1881. Bd. 5. S. 484.
2017. *Swammerdam J.* The book of nature: Biblia naturae. Pt. 1 / Transl. by Th. Flooyd; Ed. by J. Hill. L.: Seyffert, 1758. 236 p.
2018. *Swingle W.W.* Iodine and anuran metamorphosis // Science. 1922. Vol. 56. P. 720.
2019. *Taboury F.* Sur la présence accidentelle du sélénium dans certains végétaux // C. r. Acad. sci. 1932. Vol. 195. P. 171.
2020. *Tadokoro T., Watanabe S.* Chemical studies on sex differences of blood protein in *Caudina chilensis* // Sci. Rep. Tôhoku Univ. Ser. 4. 1928. Vol. 3. P. 535.
2021. *Takahashi T.* Studies on the chemical composition of Japanese brown seaweeds. III. Chemical composition of Japanese seaweeds serving as a source of potassium // J. Agr. chem. Soc. Jap. 1944. Vol. 20. P. 183.
2022. *Takamatsu M.* Kalk- und Magnesiumgehalt im Fleisch der verschiedenen Tiere // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1936. Bd. 238. S. 99.
2023. *Tang P.S., Chang C.S.* Further observations of the iodine contents of Chinese marine algae // Chin. J. Physiol. 1935. Vol. 9. P. 369.
2024. *Tang P.S., Whang P.C.* Iodine contents of ten species of Chinese marine algae // Ibid. 1935. Vol. 9. P. 285.
2025. *Tang T.H., Kou F.C., Tang P.S.* Iodine content of some marine algae of the Shantung coast // Ibid. 1936. Vol. 10. P. 377.
2026. *Tangl F., Farkas K.* Beiträge zur Energetik der Ontogenese // Pflügers Arch. ges. Physiol. 1904. Bd. 104. S. 624.
2027. *Tan-Sin-Hok.* Over de samenstelling en het ontstaan van krijt mergelgesteenten van de Molukken // Neues Jb. Miner. Geol. Paläontol. 1928. S. 340.
2028. *Tases S.* The hydrolysis of the protein // J. Ag. Chem. Soc. Jap. 1931. Vol. 7. P. 732.
2029. *Tassilly E., Leroide J.* Sur les proportions relatives d'arsenic dans les algues marines et leurs dérivées // Bull. Soc. chim. France. 1911. Vol. 9. P. 63.
2030. *Taylor H.F.* Pearl essence: Its history, chemistry, and technology // Rep. U.S. Comm. Fish. 1925a. Doc. 989, app. II. P. 15.
2031. *Taylor H.F.* Mineral constituents of fish and shellfish // Ibid. 1925b. Doc. 1000, app. X, pt. 4. P. 539.
2032. *Teissier G.* Sur la teneur en eau et en substances organiques de *Chrysaora hysocella* (L.) aux différents stades de son ontogénèse // Bull. Soc. zool. France. 1926. Vol. 51. P. 266.
2033. *Teissier G.* Sur la composition chimique des planulas de *Chrysaora hysocella* (L.) // Ibid. 1932. Vol. 57. P. 160.
2034. *Tenison-Woods J.E.* On the anatomy and life history of mollusks peculiar to Australia // J. Roy. Soc. N.S.W. 1888. Vol. 22. P. 106.
2035. *Ter Meulen H.* Sur la répartition du molybdène dans la nature // Rec. trav. chim. Pays-Bas. 1931. Vol. 50. P. 491.
2036. *Thiel G.A.* Manganese precipitated by microorganisms // Econ. Geol. 1925. Vol. 20. P. 301.
2037. *Thiercelen L.* Sur la préparation des cendres destinées à l'extraction de l'iode des plantes marines appelées varechs // Bull. Soc. chim. 1880. Vol. 33. P. 559.
2038. *Thiergardt A.* Arsen und Blei im Körper der Fische: Diss. Warburg, 1897.
2039. *Thiessen R.* Origin of the boghead coals // Prof. Pap. U.S. Geol. Surv. 1925. No. 132, pt. 1. Pp. 119–135.
2040. *Thomas G.W.* The influence of hemocyanin on the distribution of chloride between sea-water and the blood of *Limulus polyphemus* // J. Biol. Chem. 1929. Vol. 83. P. 71.
2041. *Thompson T.G.* The physical properties of sea water // Bull. Nat. Res. Couns. Wash. 1932. Vol. 85. P. 63.
2042. *Thompson T.G., Bremner R.W., Jamieson I.M.* Occurrence and determination of iron in sea-water // J. Industr. Eng. Chem. Anal. Ed. 1932. Vol. 4. P. 288.

2043. *Thompson T.G., Robinson R.J.* Physics of the Earth. V. Oceanography. 5. Chemistry of sea water // Bull. Nat. Res. Couns. Wash. 1932. Vol. 85. P. 95.
2044. *Thompson T.G., Wilson T.L.* The occurrence and determination of manganese in sea-water // J. Amer. Chem. Soc. 1935. Vol. 57. P. 233.
2045. *Thomson Th.* Chemistry of animal bodies. Edinburgh: Adam and Charles Black, 1843. 697 p.
2046. *Thorpe E.M.* Descriptions of deep-sea bottom samples from the western North Atlantic and the Caribbean Sea // Bull. Scripps Inst. Oceanogr. Technol. 1931. Vol. 3. P. 1.
2047. *Thorpe T.E.* Oyster culture in relation to disease // Nature. 1896. Vol. 55. P. 105.
2048. *Thorpe T.E., Morton E.H.* On the composition of the water of the Irish Sea // Mem. Manchr. Lit. Philos. Soc. 1871. Vol. 4. P. 287.
2049. *Thoulet M.J.* Sur les spricules siliceux d'éponges vivantes // C. r. Acad. sci. 1884. Vol. 98. P. 1000.
2050. *Thoulet M.J.* Océanographie (statique) // Rev. marit. (colon.). 1890. Vol. 104. P. 247.
2051. *Thumann M.E.* (Action of arsenic-containing sewage on fish and crabs) // Ztschr. Fisch. 1940. Bd. 38. S. 659.
2052. *Tixier-Durivault A.* Contribution à l'étude du métabolisme du calcium et du fer chez l'*Alcyonium palmatum* Pallas // Ann. Inst. océanogr. Monaco. 1940. Vol. 20. P. 311.
2053. *Tokuyama S.* Studies on the new utilization of marine fishes. I. Feeding experiments of animals on exclusive diet of bread and biscuit containing the alcohol-extracted fish flour // Sci. Pap. Inst. Phys. Chem. Res. Tokyo. 1936. Vol. 29, no. 635. P. 129.
2054. *Tolomei G.* Ricerca dell'argon nelle piante // Riv. sci.-industr. Scop. 1897. Vol. 29. P. 17.
2055. *Tommasina Th.* Constatacion d'une radioactivité induite sur tous les corps par l'émanation des fils métalliques incandescents // C. r. Acad. sci. 1904. Vol. 138. P. 1157.
2056. *Toms F.W.* Notes on farm chemistry in Jersey. Isle of Jersey (Great Britain): Du Parcq, 1905. 84 p.
2057. *Tondo D.* Utilisation des algues marines sur les côtes de l'océan Pacifique // Bull. Soc. sci. Arcachon. 1930. Vol. 27. P. 31.
2058. *Törnquist S.L.* Om Siljanstraktens paleozoiska formationsled // Öfvers. vetensk. akad. förh. 1874. Bd. 31. No. 4. S. 3.
2059. *Torre G. del, Bomboletti A.* Analisi chimica di alcune sostanze marine // Staz. sper. agr. ital. 1877. Vol. 7. P. 193.
2060. *Toryu Y.* The organic iodine in *Laminaria ochotensis* Miyabe with especial reference to protein iodine and search for diiodotyrosine // Sci. Rep. Tôhoku Univ. Ser. IV. 1933. Vol. 8. P. 107.
2061. *Toscani V., Reznikoff P.* The iron content of foods used in a municipal hospital // J. Nutrit. 1934. Vol. 7. P. 79.
2062. *Tower R.W.* The gas in the swimbladder of fishes // Bull. U.S. Fish Comm. 1902. Vol. 21. P. 125.
2063. *Trahms O.-K.* Die Grössen- und Kalkereduktion bei *Mytilus edulis* L. in Rügenschens Binnengewässern // Ztschr. Morphol. Ökol. Tiere. 1939. Bd. 53. S. 246.
2064. *Traube-Mengarini M.* Recherches sur les gaz contenus dans la vessie nataoire des poissons // Arch. ital. biol. 1888. Vol. 9. P. 248.
2065. *Traxler L.* Beiträge zur Kenntnis der *Badjaga* // Farm. Ztschr. (St. Petersburg). 1894. Bd. 33. S. 609–612, 625–629, 793–795, 816.
2066. *Treibs A.* Chlorophyll und Häminderivate in organischen Mineralstoffen // Ztschr. angew. Chem. 1936. Bd. 49. S. 682.
2067. *Tressler D.K.* Marine product of commerce. N.Y.: The Chem. Catalog Co, 1923. 762 p.
2068. *Tressler D.K., Wells A.W.* Iodine content of sea foods // Doc. U.S. Bur. Fish. 1924. No. 967.
2069. *Trommsdorff J.B.* Einige Versuche mit dem Meerschwamm // Trommsdorff J. Pharm. 1805. Bd. 13. S. 205.
2070. *Troschel F.H.* Ueber den Speichel von *Dolium galea*, Lam. // Verh. Akad. Wiss. Berlin. 1854. S. 486.
2071. *Troschel F.H.* Gas Gebiss der Schnecken B.: Nicolai's Verl., 1893. Bd. 1–2.
2072. *Truszkowski R., Chajkinówna S.* Nitrogen metabolism of certain invertebrata // Biochem. J. 1935. Vol. 29. P. 2361.
2073. *Tschachotin S.* Die Statocyste der Heteropoden // Ztschr. wiss. Zoll. 1908. Bd. 90. S. 343.
2074. *Tschernorutzky H.* Über das Vorkommen von Nucleinsäure in reifen Heringseiern // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1912. Bd. 80. S. 194.
2075. *Tsuchiya Y.* Preparation of strontium from coral and calcareous algae // J. Fac. Agr. Kyushu Univ. 1948. Vol. 9. Pp. 65–68.
2076. *Tsutsumi J.* Examination of the microcrystals of calcium carbonate in molluscan shells by means of X-rays // Mem. Coll. Sci. Kyoto. 1928. Vol. 11. P. 217.

2077. *Tsutsumi J.* An examination of the microcrystals of calcium carbonate in molluscan shells by means of X-rays // Mem. Coll. Sci. Kyoto. Ser. A. 1929. Vol. 12. P. 199.
2078. *Tullberg T.* Ueber die Byssus des *Mytilus edulis* // Nova acta Regiae soc. sci. upsal. 1877. Vol. Extra Ordinem Editum, no. 18. S. 1–9.
2079. *Tullberg T.* Studien über den Bau und des Wachstum des Hummerpanzers und der Molluskenschalen // Kgl. svens. vetensk. akad. handl. 1881. Bd. 19. No. 3. S. 57.
2080. *Tully J.P.* The nutritive value of marine products. XIV. Proximate analyses of fresh British Columbia oysters // J. Biol. Board Canada. 1936. Vol. 2. P. 477.
2081. *Tunmann O.* Zur Kenntnis der *Laminaria* // Pharm. Zentralh. 1907. Bd. 48. S. 241, 505.
2082. *Turchini J.* Sur la fixation de l'iode par les huîtres *Ostrea edulis* L. et *Gryphea angulata* Lmk. // Bull. Acad. Montpellier. 1930. Vol. 60. P. 29.
2083. *Turek R.* Chemisch-analytische Untersuchungen an Molluskenschalen // Arch. Naturgesch. 1933. Bd. 2. S. 291.
2084. *Turner B.B.* The chemical composition of *Oscillaria prolifica* // J. Amer. Chem. Soc. 1916. Vol. 38, no. 2. P. 1402.
2085. *Turrentine J.W.* The composition of the Pacific kelps // J. Industr. Eng. Chem. 1912. Vol. 4. P. 431.
2086. *Twenhofel W.H.* Treatise on sedimentation. 2nd ed., completely rev. Baltimore: Williams and Wilkins, 1931. 926 p.
2087. *Uhle A.P.* *Spongia marina*: Diss. Pharm.-Med. Leipzig, 1819. 27 S.
2088. *Ulex G.L.* Ueber die Verbreitung des Kupfers in Thierreich // J. prakt. Chem. 1865. Bd. 95. S. 367.
2089. *Ulrich C.* Beiträge zur Kenntnis des Fischfleisches // Arch. Pharm. 1911. Bd. 249. S. 68.
2090. *Usui J., Sukegawa T., Kuochingchou.* The content of calcium in the muscle of a teleost – *Hypomesus olidus* – in relation to its environment // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 1936. Vol. 5. P. 315.
2091. *Usui J., Sukegawa T., Matumoto M.* On the seasonal variation of the iodine content of seaweeds // Ibid. 1936. Vol. 5. P. 245.
2092. *Vageler H.* Untersuchungen über das Vorkommen von Phosphatiden in vegetabilischen und tierischen Stoffen // Biochem. Ztschr. 1909. Bd. 17. S. 189.
2093. *Vaillant L.* Remarques sur la composition chimique de l'anguille, à différents états de son développement // C. r. Soc. biol. 1903. Vol. 55. P. 749.
2094. *Vàla J., Helmhacker R.* Ueber Delvauxit // Neues Jb. Miner. Geol. Paläontol. 1875. S. 317.
2095. *Valenciennes A., Frémy E.* Recherches sur la composition des oeufs dans la série des animaux. I–III // C. r. Acad. sci. 1854. Vol. 38. Pp. 469, 525, 570.
2096. *Valenciennes A., Frémy E.* On the composition of eggs in the animal series. I–III // Amer. J. Sci. 1855a. Vol. 19. Pp. 38, 238; vol. 20. P. 65.
2097. *Valenciennes A., Frémy E.* Recherches sur la composition des muscles dans la série des animaux // C. r. Acad. sci. 1855b. Vol. 41. P. 735.
2098. *Valentin G.* Anatomie du genre Echinus // Monographies d'échinodermes vivans et fossiles. Neuchâtel: L'auteur Suisse, 1842. Pp. 1–126.
2099. *Valentin G.* Beiträge zur Mikroskopie. IV. Einige Eigenthümlichkeiten der Horngewebe und der Knochenmasse // Arch. mikrosk. Anat. 1875. Bd. 11. S. 661.
2100. *Valenzuela A.* Composition and nutritive value of Philippine food fishes // Philipp. J. Sci. 1928. Vol. 36. P. 235.
2101. *Vallee B.L., Altschule M.D.* Zinc in the mammalian organism, with particular reference to carbonic anhydrase // Physiol. Rev. 1949. Vol. 29. P. 370.
2102. *Van Name W.G.* The North and South American Ascidians // Bull. Amer. Mus. Natur. Hist. 1945. Vol. 84. P. 476.
2103. *Van Wyk G.F.* South African fish products. VIII. Composition of the flesh of Cape fishes // J. Soc. Chem. Industr. 1944. Vol. 63. P. 367.
2104. *Vater H.* Ueber den Einfluss der Lösungsgenossen auf die Krystallisation des Calciumcarbonates // Ztschr. Krystallogr. 1892. Bd. 21. S. 433.
2105. *Vater H.* Ueber Ktypeit und conchit // Ibid. 1901. Bd. 35. S. 149–178.
2106. *Vaughan T.W.* Some shoal-water corals from Murray Island (Australia), Cocos-Keeling Island and Fanning Island // Publ. Carnegie Inst. Wash. 1918. Vol. 9, no. 213. P. 239.
2107. *Vauquelin L.N.* Mémoire sur une nouvelle substance métallique contenue dans le plomb rouge de Sibérie, et qu'on propose d'appeler chrome // Ann. chim. (phys.). Ser. 1. 1797. Vol. 25. Pp. 21, 194.
2108. *Vauquelin L.N.* [...une analyse nouvelle des cheveux...] // Encyclopédie Méthodique. P., 1807a. Vol. 5. Pp. 668–671.

2109. *Vauquelin L.N.* Analyse d'un Madréporite à odeur de truffes // Ann. Mus. Hist. Natur. 1807b. Vol. 9. P. 229.
2110. *Vegezzi G.* Recherches sur quelques pigments des invertébrés: Thèse. Fribourg (Suisse), 1916.
2111. *Velichi J.* Quantitative Spektralanalyse des rothen Blutfarbstoffes bei wirbellosen Thieren: Inaug. Diss. B., 1900. 51 S.
2112. *Vernon H.M.* The respiratory exchange of the lower marine invertebrates // J. Physiol. 1895. Vol. 19. P. 18.
2113. *Vernon H.M.* Heat rigor in cold-blooded animals // Ibid. 1899. Vol. 24. P. 239.
2114. *Vesterberg A.* Chemische Studien über Dolomit und Magnesit // Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala. 1900–1901. Vol. 5. P. 97.
2115. *Vesterberg A.* Chemische Studien über Dolomit und Magnesit // Ibid. 1902–1903. Vol. 6. P. 254.
2116. *Viallanes H.* Recherches sur la filtration de l'eau par les mollusques et applications à l'ostréiculture et à l'océanographie // C. r. Acad. sci. 1892. Vol. 114. P. 1386.
2117. *Vialli M.* Ricerche fisiologiche sulla *Aplysia punctata* // Mem. Roy. Com. talassogr. ital. 1922. Vol. 93. Pp. 1–20.
2118. *Vibrans O.* Untersuchung über die Zusammensetzung der Aschen-und Stickstoffgehalt verschiedener Ostseepflanzen: Diss. Rostock, 1873.
2119. *Vieweger T.* L'influence de l'inanition sur la composition chimique des anguilles // Arch. Intern. Physiol. 1928. Vol. 30. P. 133.
2120. *Villela G.G., Oliveira L.P.H. de.* Bioquímica do sangue to crustáceo "Uca Maracoani". I. Cálcio, fósforo e protídeos totais // Rev. brasil. biol. 1941. Vol. 135. P. 69.
2121. *Vincent D., Jullien A.* Répartition du manganèse chez *Helix pomatia* // C. r. Soc. biol. 1941. Vol. 135. P. 1659.
2122. *Vincent V.H.* Les algues marines et leurs emplois agricoles, alimentaires, industriels. Quimper: Ménez, 1924. 206 p.
2123. *Vincent V., Sarazin, Hervieux J.* The sulfur in seaweed, sea mud and rain waters in Brittany // C. r. Acad. agr. France. 1935. Vol. 21. P. 1032.
2124. *Vintilescu Y., Stanciu N., Opari A.* La composition chimique de la chair de poisson // Bull. Sect. sci. Acad. roum. 1940. Vol. 22, no. 10. P. 528.
2125. *Virey J.J.* Sur l'existence probable de l'iode chez plusieurs mollusques // J. Pharm. Ser. 2. 1822. Vol. 8. P. 317.
2126. *Vlès F.* Sur l'absorption des rayons visibles du sang de Poulpe // C. r. Acad. sci. 1913. Vol. 157. P. 802.
2127. *Vlès F.* Notes sur les propriétés spectrales de l'hémoglobine des annélides // Arch. phys. biol. 1923. Vol. 2. P. 1.
2128. *Vogel H.A. von.* Recherches analytiques sur le corail rouge // Ann. chim. (phys.). Ser. 1. 1814. Vol. 89. Pp. 113–134.
2129. *Vogel H.A. von.* Analytische Versuche über die rothen Corallen // Schweigger's J. Chem. Phys. 1816. Bd. 18. S. 146.
2130. *Voit C.* Anhaltspunkte für die Physiologie der Perlmuschel // Ztschr. wiss. Zool. 1860. Bd. 10. S. 470.
2131. *Voit E.* Ueber den wechselnden Wassergehalt der Schnecken // Sitzungsber. Ges. Morphol. Physiol. 1892. Bd. 7. S. 159.
2132. *Volk R.* Studien über die Einwirkung d. Trockenperiode im Sommer auf die biolog. Verhältnisse d. Elbe bei Hamburg. Mit. e. Nachtr. über chemische und planktolog. Methoden. Elb-Untersuchung, Hamburgische. Hamburg: Gräfe und Sillem, 1906. Bd. 8. 101 S.
2133. *Vosmaer G.C.J., Wijsman H.P.* Over den bouw van sommige kiezelspicula bij Sponzen. 1. De styli van *Tethya lyncurium...* // Versl. gewone Vergad. Akad. Amsterdam. 1904. Bd. 13. S. 733.
2134. *Vosmaer G.P.* Bibliography of sponges, 1551–1913 / Ed. by G.P. Biidder, C.S. Vosmaer-Röell. Cambridge: Univ. press, 1928. 234 p.
2135. *Youk V.* O željeznim cijanoficejama = [On the ferruginous Cyanophyceae] // Bull. Intern. Acad. Yougosl. Sci. 1920. Vol. 14. P. 59.
2136. *Wackenroder H.* Über qualitative und quantitative Bestimmung des Iods im Leberthran // Pharm. Zbl. 1841. Bd. 12. S. 11.
2137. *Waele A. de.* Le sang d'*Anodonta cygnea* et la formation de la coquille // Mém. Acad. Roy. Belg. Cl. Sci. Ser. 2. 1930. Vol. 10, no. 3. P. 3–52.
2138. *Waksman S.A., Carey C.L., Reuszer H.W.* Marine bacteria and their role in the cycle of life in the sea. I. Decomposition of marine plant and animal residues by bacteria // Biol. Bull. Woods Hole. 1933. Vol. 65. P. 57.

2139. *Waksman S.A., Johnstone D.B., Carey C.L.* The effect of copper upon the development of bacteria in sea water and the isolation of specific bacteria // J. Mar. Res. 1943. Vol. 5. P. 136.
2140. *Waksman S.A., Stokes J.L., Butler M.R.* Relation of bacteria to diatoms in seawater // J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 1937. Vol. 22. P. 359.
2141. *Walcott C.D.* Cambrian geology and paleontology. III, 2. Pre-Cambrian Algonkian algal flora // Smithsonian Miscell. Coll. 1914. Vol. 64. P. 77.
2142. *Wallner J.* Einführung in die Biogeodynamik // Ztschr. Naturwiss. 1938. Bd. 4. S. 249.
2143. *Walter G.* Ueber die Schalenhäute von *Protopterus annectens* // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1889. Bd. 13. S. 464.
2144. *Walter G.* Zur Kenntniss des Ichthulins und seiner Spaltungsproducte // Ibid. 1890. Bd. 15. S. 477.
2145. *Walther J.* Die gesteinsbildenden Kalkalgen des Golfes von Neapel und die Entstehung strukturloser Kalke // Ztschr. Dt. geol. Ges. 1885. Bd. 37. S. 329.
2146. *Wang-Tai-Si.* Recherches sur le cuivre, le fer, le manganèse et le zinc chez les mollusques: Thèse. P., 1928.
2147. *Warburg O.* Ueber die Rolle des Eisens in der Atmung des Seeigels nebst Bemerkungen über einige durch Eisen beschleunigten Oxydationen // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1914. Bd. 92. S. 231.
2148. *Warburg O., Negelein E.* Notis über Spirographishämin // Biochem. Ztschr. 1932. Bd. 244. S. 239.
2149. *Warburg O., Negelein E., Haas E.* Spirographishämin // Ibid. 1930. Bd. 227. S. 171.
2150. *Warington R.* Agricultural chemistry in Japan // Chem. News. 1879. Vol. 40. P. 195.
2151. *Wattenberg H.* Beziehungen zwischen Kalkgehalt des Meerwassers und Plankton // Rapp. Cons. explor. mer. 1931. Vol. 75. P. 67.
2152. *Wattenberg H.* Zur Chemie des Meerwassers: Über die in Spuren vorkommenden Elemente // Ztschr. anorg. Chem. 1938. Bd. 236. S. 339.
2153. *Way J.T.* Miscellaneous results from the laboratory // J. Roy. Agr. Soc. Ser. 1. 1849. Vol. 10. P. 610.
2154. *Webb D.A.* Studies on the ultimate composition of biological material. II. Spectrographic analysis of marine invertebrates with special reference to the chemical composition of their environment // Sci. Proc. Roy. Dublin Soc. 1937. Vol. 21. P. 505.
2155. *Webb D.A.* Observations on the blood of certain Ascidians, with special reference to the biochemistry of vanadium // J. Exp. Biol. 1939. Vol. 16. P. 499.
2156. *Webb D.A., Fearon W.R.* Studies on the ultimate composition of biological material // Sci. Proc. Roy. Dublin Soc. 1937. Vol. 21. P. 487.
2157. *Weber V., Gerhard H.* Fucus species of the German Coast, and their iodine content // Dt. Apoth.-Ztg. 1938. Bd. 53. S. 1351, 1373.
2158. *Weevers T.* Untersuchungen über die Lokalisation und Funktion des Kaliums in der Pflanze // Rec. Trav. bot. néerl. 1911. Vol. 8. P. 289.
2159. *Weibull M.* Om halten af Iod is svensk tång och bestämning därpå // Sven. kem. tidskr. 1917. Bd. 29. S. 79.
2160. *Weigelt C.* Die Weinbergsschnecke (*Helix pomatia*) und Düngerwerth // Biederm. Zbl. 1878. Bd. 7. S. 385.
2161. *Weigelt C.* Die Abfälliger der Seefischerei; experimentelle Untersuchungen über deren Natur, Menge, Verarbeitung und Verwertung: Sonderbeilage zu den Mitteilungen der Sektionen f. Küsten und Hochseefischerei. B.: Moeser, 1891. 115 S.
2162. *Weineck E.* Die chemische Natur der Skelettsubstanzen bei den Ophryoscoleciden // Jena. Ztschr. Naturwiss. 1931. Bd. 65. S. 739.
2163. *Weinland E.* Beobachtungen über den Gaswechsel von *Anodonta cygnea*. L. // Ztschr. Biol. 1919. Bd. 69. S. 1.
2164. *Weis E.* Nachweis des Iods in *Fucus vesiculosus* und in den daraus hergestellten Präparaten // Ztschr. allg. öst. Apoth. Ver. 1903. Bd. 41. S. 429.
2165. *Weiske H.* Ueber die Zusammensetzung der Geweihe und des Krebspanzers // Landw. Versuchsw. 1877. Bd. 20. S. 35.
2166. *Weiske H.* Ueber die Zusammensetzung von Fischschuppen und Fischknochen // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1833. Bd. 7. S. 466.
2167. *Weismann A.* Zur Naturgeschichte der Daphnoiden // Leipzig: Engelmann, 1876. 64 S.
2168. *Weismann A.* Beiträge zur Naturgeschichte der Daphnoiden // Ztschr. wiss. Zool. 1877. Bd. 28. S. 93.
2169. *Weismann A.* Beiträge zur Naturgeschichte der Daphnoiden // Ibid. 1879. Bd. 33. S. 55.

2170. *Weiss A.* Zun Baue und der Natur der Diatomaceen // Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien. Math.-Naturwiss. Kl. Abt. 1. 1871. Bd. 63. S. 83.
2171. *Wells A.W.* Iodine content of preserved sea foods // Rep. U.S. Comm. Fish. 1925. Doc. 979; app. 6. Pp. 441–444.
2172. *Welsbach C.A. von.* Die Zerlegung des Didyms in seine Elemente // Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien. Abt. 2. 1886. Bd. 92. S. 317.
2173. *Welter J.J.* Sur quelques matières particulières, trouvées dan les substances animales, traitées par l'acide nitrique // Ann. chim. (phys.). 1798. Vol. 29. P. 301.
2174. *Welner W.* Ist *Merlia normani* Kirkp. ein Schwamm? // Arch. Naturgesch. 1909. Bd. 75. No. 1. S. 139.
2175. *Werenskiold Fr.* Tierproduktion. Norwegische Heuanalysen // Biederm. Zbl. 1900. Bd. 29. No. 1. S. 19.
2176. *West G.S.* A treatise on the British freshwater algae // New and rev. ed. Cambridge: Univ. press, 1927. 534 p.
2177. *Westgate J.M.* Iodine content of Hawaiian marine foods // Rep. Hawaii Agr. Exp. Station. 1936. P. 23.
2178. *Wetzel G.* Die Entwicklung des Ovarialeies und des Embryos, Chemische Untersuchung mit Berücksichtigung der gleichzeitigen morphologischen Veränderungen // Arch. Anat. Physiol. (Physiol. Abt.). 1907. Bd. 31. S. 507.
2179. *Weyl Th.* Beobachtungen über Zusammensetzung und Stoffwechsel des elektrischen Organs von Torpedo // Berlin. Akad. Monatsber. 1881. S. 381.
2180. *Weyl Th.* Physiologische und chemische Studien an Torpedo // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1882. Bd. 7. S. 541.
2181. *Wheeler H.J., Hartwell B.L.* Seaweeds: Their agricultural value, and the chemical composition of certain species // Bull. R. I. Agr. Exp. Station. 1893. No. 21. Pp. 1–37.
2182. *Wheeler H.J., Jamieson G.S.* Synthesis of iodogorgoic acid // Amer. Chem. J. 1905. Vol. 33. P. 365.
2183. *Wheeler H.J., Mendel L.B.* The iodine complex in sponges (3,5-diiodotyrosin) // J. Biol. Chem. 1909–1910. Vol. 7. P. 1.
2184. *Wheeler J.* Iodine yielding algae: A proposal for their more direct use in pharmacy // Pharm. J. Ser. 3. 1882. Vol. 12. P. 642.
2185. *Whipple G.C., Jackson D.D.* Asterionella: Its biology, its chemistry and its effect upon water supplies // J. N. Engl. Water Works Assoc. 1899. Vol. 14. P. 1.
2186. *White C.J.* On the composition of the ash of a New South Wales seaweed *Ecklonia exasperata*, and the percentage of iodine present // J. Roy. Soc. N. S. W. 1907. Vol. 41. P. 95.
2187. *White C.P.* Copper in tumours and in normal tissues // Lancet. 1921. Vol. 2. P. 701.
2188. *White F.D.* The nutritive value of marine products. IX. Proximate analysis of British Columbia canned pilchard // J. Biol. Board Canada. 1936a. Vol. 2. P. 457.
2189. *White F.D.* The nutritive value of marine products. X. Proximate analysis of ling cod // Ibid. 1936b. Vol. 2. P. 461.
2190. *White W.B.* Poisonous spray residues on vegetables // Industr. Eng. Chem. 1933. Vol. 25. P. 621.
2191. *Wicke B.* Chemisch-physiologische Notizen // J. Liebig's Ann. Chem. 1863. Bd. 125. S. 78.
2192. *Wicke W.* Analyse des Gehäusedeckels der *Helix pomatia*: Analyse eines Trochusdeckels // Ibid. 1853. Bd. 87. S. 224.
2193. *Wiesner R.* Bestimmung des Radiumgehaltes von Algen // Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien. Math.-Naturwiss. Kl. Abt. 2a. 1938. Bd. 147. S. 521.
2194. *Wilke-Dörfurt E.* Ueber den Iodgehalt der Schalen von Muscheltieren. Zum chemischen Teil des Kropfproblems // Biochem. Ztschr. 1928. Bd. 192. S. 73.
2195. *Willard T.* On the occurrence of copper in oysters // J. Amer. Chem. Soc. 1908. Vol. 30. P. 902.
2196. *Wille N.* Ueber die Lichtabsorption bei den Meeresalgen // Biol. Zbl. 1895. Bd. 15. S. 529.
2197. *Wille N.* Ueber die Wanderung der anorganischen Nährstoffe bei den Laminariaceen // Botanische Untersuchungen. B.: Schwendener, 1899.
2198. *Wille O.* Ueber den Iodgehalt deutscher Seefische und Seefischprodukte // Mitt. Dt. Seefisch. Ver. 1927. Bd. 45. S. 418.
2199. *Wille O.* Untersuchungen über die Rohware der deutschen Fischindustrie und ihre wechselnde chemische Zusammensetzung // Fische und Fischwaren. 1932. No. 1. S. 3.
2200. *Williams J.W.* The red fluid emitted by *Planorbis corneus* // J. Conch. 1886–1888. Vol. 5. P. 363.
2201. *Williams K.I.* The cooking and chemical composition of some English fish // Chem. News. 1911. Vol. 104. P. 271.
2202. *Willstätter R.* Die blaue Farbe des Meerwassers // Naturwissenschaften. 1930. Bd. 18. S. 868.

2203. *Wilson G.* On the solubility of fluoride of calcium in water, and its relation to the occurrence of fluorine in minerals, and in recent and fossil plants and animals // *Trans. Roy. Soc. Edinburgh.* 1849. Vol. 16. P. 145.
2204. *Wilson S.H., Fieldes M.* Studies in Spektrographic analysis. II. Minor elements in sea weed (*Macrocystis pyrifera*) // *N.Z.J. Sci. Technol.* B. 1942. Vol. 23. P. 47.
2205. *Wiman C.* Ueber die Silurformation in Jemtland // *Bull. Geol. Inst. Univ. Upsala.* 1893. Vol. 1, no. 2. P. 256.
2206. *Winkler C.* Mittheilungen über das Germanium // *J. prakt. Chem. Ser. 2.* 1886. Bd. 34. S. 177, 563.
2207. *Winkler L.W.* Der Iodid- und Iodat-Longehalt des Neerwassers // *Ztschr. angew. Chem.* 1916. Bd. 29. No. 1. S. 205–207.
2208. *Winter O.B., Bird O.D.* The determination of aluminium in plants. II. Aluminium in plant materials // *J. Amer. Chem. Soc.* 1929. Vol. 51. P. 2964.
2209. *Winterstein H.* Beiträge zur Kenntnis der Fischatmung // *Pflügers Arch. ges. Physiol.* 1908. Bd. 125. S. 73.
2210. *Winterstein H.* Zur Kenntnis der Blutgase wirbelloser Seetiere // *Biochem. Ztschr.* 1909. Bd. 19. S. 385.
2211. *Wirén A.* Studien über die Solenogastres. I. Monographie des *Chaetoderma nitidulum* Lovén // *Kglsv. vetensk. akad. handl.* 1892. Bd. 24. No. 12. S. 3–66.
2212. *Wisselingh C. van.* Mikrochemische Untersuchungen über die Zellwände der Fungi // *Jb. wiss. Bot.* 1898. Bd. 31. S. 619.
2213. *Witting E.* Die Korallen rücksichtlich ihrer Bildung und chemischen Bestandteile // *J. Liebigs. Ann. Chem.* 1898. Bd. I. S. 113.
2214. *Witting E.* Ueber das Blut einiger Crustaceen und einiger Mollusken // *J. prakt. Chem.* 1858a. Bd. 73. S. 121.
2215. *Witting E.* Beiträge zur Pflanzenchemie // *Ibid.* 1858b. Bd. 73. S. 132.
2216. *Wittstein G.C., Apoiger F.* Entdeckung der Borsäure im Pflanzenreiche // *J. Leibigs Ann. Chem.* 1857. Bd. 103. S. 362.
2217. *Wodehouse R.P.* Direct determinations of permeability // *J. Biol. Chem.* 1917. Vol. 29. P. 453.
2218. *Wöhler F.* Ueber das Beryllium und Yttrium // *Ann. Phys.* 1828. Bd. 13. S. 577.
2219. *Wolf G.* Die physiologische Chemie der nephridialen Stickstoffausscheidung bei *Helix pomatia* L. unter besonderer Berücksichtigung der Einflüsse des Sommer- und Winterstoffwechsels // *Ztschr. vergl. Physiol.* 1933. Bd. 19. S. 1.
2220. *Wolff E.* Aschen-Analysen von landwirtschaftlichen Producten. B.: Wiegandt und Hempel, 1871–1880. Bd. 1–2.
2221. *Wolff R., Rangier M., Bourquard A.* Sur les relations existant entre le magnésium du muscle et la Chronaxie // *C. r. Acad. sci.* 1936. Vol. 203. P. 414.
2222. *Wollaston W.H.* On the agency of electricity on animal secretions // *Philos. Mag.* 1809. Vol. 33. P. 488.
2223. *Wolvekamp H.P.* Ueber die Blutfarbstoffe niederer Tiere // *Zool. Anz. Suppl.* 1931. Bd. 5. S. 185.
2224. *Woodland W.* Studies in spicule formation. III. On the mode of formation of the spicular skeleton in the pluteus of *Echinus esculentus* // *Quart. J. Microsc. Sci. N.S.* 1905. Vol. 49. P. 305.
2225. *Woodland W.* Studies in spicule formation. V. The scleroblastic development of the spicules in Ophiuroidea and Echinoidea and in the genera *Antedon* and *Synapta* // *Ibid.* 1907a. Vol. 51. P. 31.
2226. *Woodland W.* Studies in spicule formation. VI. The scleroblastic development of the spicules in some mollusca and in one genus of colonial Ascidiaria // *Ibid.* 1907b. Vol. 51. P. 45.
2227. *Woodland W.* A preliminary consideration as to the possible factors concerned in the production of the various forms of spicules // *Ibid.* 1907c. Vol. 51. P. 55.
2228. *Woodland W.* Studies in spicule formation. VII. The scleroblastic development of the plate-and-anchor spicules of *Synapta* and of the wheel species of the *Auricularia* larva // *Ibid.* 1907d. Vol. 51. P. 483.
2229. *Woods C.D.* The manurial value of ashes, “mucks”, seaweeds and bone // *Bull. Me. Agr. Exp. Station.* 1901. Vol. 74. P. 65.
2230. *Woronine M.* Recherches sur les algues marines, *Acetabularia* Lamx., et *Espera*, Dene // *Ann. sci. natur (bot.). Ser. 4.* 1862. Vol. 16. P. 200.
2231. *Woyhoff K.* Zusammensetzung der Fische *Bothus maeoticus* Pall. und *Gobius melanostomus* Pall. // *Ztschr. Untersuch. Lebensmitt.* 1935. Bd. 69. S. 174.
2232. *Wurdack M.* Chemical composition of the walls of certain algae // *Ohio J. Sci.* 1923. Vol. 23. P. 181.
2233. *Yakusizi N.* Ueber die Verteilung von Eisen und Zink im Blutplasma der Protoplasma und Blutkörperchen und ihren Kernen bei den verschiedenen Tieren // *Keijo J. Med.* 1936. Vol. 7, no. 2. P. 276.

2234. Yamamura Y. Chemical study of food organisms for fish // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 1943. Vol. 3. P. 357.
2235. Yamamura Y. Chemical study of food organisms for fish. IV. Distribution of arsenic // Ibid. 1935a. Vol. 4. P. 85.
2236. Yamamura Y. The nephelometric analysis of zinc and its distribution // Ibid. 1935b. Vol. 4. P. 6.
2237. Yamamura Y. The composition of fish muscle and rate of decomposition // Ibid. 1936. Vol. 5. P. 98.
2238. Yang K.S. Beitrag zu dem Studium der Mikrostruktur der Cannelkohlen // Bull. Soc. Geol. China. 1927. Vol. 9. Pp. 135–181.
2239. Yeats J. Analyses of the ash of three species of sea-weeds // Trans. Highland Agr. Soc. Scott. Ser. 3. 1853. Vol. 5. P. 448.
2240. Yendo K. Uses of seaweeds in Japan // Postelsia. 1901. Pp. 1–18.
2241. Yoshimura K., Kanai M. Beiträge zur Kenntnis der stickstoffhaltigen Bestandteile des getrockneten Kabeljau (*Gadus brandtii*) // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1930. Bd. 88. S. 346.
2242. Yoshimura K., Nishida K. Nitrogenous compounds of the oyster // J. Agr. Chem. Soc. Jap. 1930. Vol. 6. P. 618.
2243. Zalacostas P. Recherches sur la constitution de la spongine // C. r. Acad. sci. 1888. Vol. 107. P. 252.
2244. Zanda G.B. La importanza del rame nell' organismo animale // Biochim. terap. sper. 1924. Vol. 11. P. 7.
2245. Zbinden C. Recherches Spectrographiques sur des cendres de sangs et d'organes humains // Mém. Soc. vaud. Sci. natur. 1930. Vol. 3. P. 233.
2246. Zdarek E. Untersuchungen der Eier von *Acanthias vulgaris* Risso // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1940. Bd. 41. S. 524.
2247. Zedeler F. Analyse der anorganischen Bestandtheile in Cacaobohnen, süßen Mandeln und Reis // J. Leibigs. Ann. Chem. 1851. Bd. 78. S. 384–393.
2248. Zeller S.M., Neikirk A. Gas exchange in the pneumatocyst of *Nereocystis luetkeana* (Mertens) // Publ. Puget Sd. Mar. (Biol.) Station. 1616. Vol. 1, fasc. 5. P. 25.
2249. Zenger H. A hitherto neglected source of iodine: Iodine and bromine in fresh-water plants // Amer. Chemist. 1875. Vol. 6. P. 259.
2250. Zenker W. Monographie der Ostracoden // Arch. Naturgesch. 1854. Bd. 20. S. 1.
2251. Zeynek R., Dimter A. Orientierende Daten über die Zusammensetzung der Gallertmasse von *Rhizostoma cuvieri* // Hoppe-Seyler's Ztschr. physiol. Chem. 1935. Bd. 237. S. 247.
2252. Zielińska J. Die Lichtwirkung auf die Regenwurm-gattung *Eisenia* und die biologische Bedeutung der durch dieselbe produzierten Farbstoffe // Bull. Intern. Acad. Cracov. Ser. B. 1913. S. 511.
2253. ZoBell C.E. Marine microbiology: A monograph on hydrobacteriology. Waltham (Mass.): Chronica Botanica, 1946. 240 p.

ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЕСА МОРСКИХ ЖИВОТНЫХ¹

Для понимания глубины влияния живого вещества на динамику земной коры представляется чрезвычайно важным знание действующей массы живого вещества. Масса отдельных неделимых, их «сырой вес», является очень постоянной величиной и поэтому может служить видовым признаком. С этой точки зрения вес неделимых безразличен и для биолога. Но все имеющиеся определения веса, сделанные в целях прикладного характера, в огромном большинстве случаев не могут служить материалом для наших расчетов.

Если при определении наземных животных почти не встречается разнообразия в методике взвешивания (разве только вопрос в отношении к содержимому желудочно-кишечного тракта), то в отношении растительных объектов мы почти совершенно не имеем сколько-нибудь верного определения веса. Все известные значения для веса растений, во-первых, получены при самых разнообразных условиях; непосредственно взвешены по извлечению из почвы (такие факторы, как время, истекшее после извлечения растения из почвы до момента взвешивания, изменяют вес до 30%)²; затем в воздушно-сухом состоянии; высушены при 30–40° и т. п. Во-вторых, дают вес только наземных, воздушных частей (зерна, листья, солома). Там же, где имеется вес корней (корнеплоды), отсутствует вес воздушных частей. Таким образом, полного веса всего растения мы не имеем. Между тем как вес корней (при развитой системе имеют длину десятки, сотни, тысячи метров)³, конечно, безразличен для полного веса растений. Методики взвешивания растений с корнями нет. Еще более бедные данные о весе мы имеем в отношении морских животных (бентосных). Вот почему, по предложению академика В.И. Вернадского, во время плавания на «Персее» в июле

1926 г.⁴ мы попытались произвести ряд определений веса морских животных и установить методику.

Очевидно было, что при содержании морскими животными (бентос) 70–90 и больше процентов воды последняя при различных манипуляциях будет теряться. Это предположение подтвердилось опытно: вот почему единственно верным способом взвешивания оказалось взвешивание непосредственное, тотчас же по выбиранию из воды, на борту судна. Сколько-нибудь общепринятой подготовки животных к взвешиванию не существует. Способы датской и американских станций⁵ несложны, но нигде подробно не описаны. Между тем в промежуток времени от забора материала до взвешивания животными теряется значительное количество воды. Животных, имеющих наружный плотный скелет (известковый, кремневый, хитиновый и т. д.), мы выбрасывали на матерчатый фильтр (парусина, марля), отмывали морской водой от ила и песка и сейчас же обсушивали небольшими куска-

¹ Докл. АН СССР. Сер. А. 1927. № 8. С. 123–128.

² Вернадский В.И. Наставл. для опред. геохимич. постоянных. 1926. Вып. I. С. 5.

³ Sachs J. Vorles. über Pflanzenphysiologie. 1882. С. 19.

⁴ Подробная работа, произведенная во время плавания на «Персее», будет опубликована в Трудах Плов. морск. научн. инст.

⁵ Petersen C.G. Joh., Boysen Jensen P. Report of the Danish Biological Station. 1911. Vol. XX. P. 50.

ми фильтровальной бумаги без всякого давления, трения и т. п. до тех пор, пока фильтровальная бумага, приложенная к животному, оставалась совершенно сухой. Таким образом, был определен вес *Mytilus edulis*, *Eupagurus pubescens*, *Asterias lincki*, морских ежей и т. д. Одно взвешивание и подготовка занимают 2 минуты. Обычно жидкость, заключенная в мантийной полости пластинчатожаберных, раскрытием раковин удалялась⁶. Но, во-первых, раскрытие раковин и особенно ранение замыкательного мускула ведут к активной потере воды животным, а во-вторых, что особенно важно, жидкость мантийной полости дает реакцию на белок (проба с HNO_3) и содержит различные соли⁷, являясь по своему положению промежуточной средой между водой моря и тканями животного, потому должна быть отнесена к тканям животного. Ее вес достигает 15% веса животного, например *Mytilus edulis*:

	Вес нераскрытого <i>Mytilus edulis</i> в г		Вес раскрытого <i>Mytilus edulis</i> в г		Потеря веса в г (вес жидк. мантийной пол.)	
	56,50	11,40	47,95	10,06	8,55	0,80
	43,80	28,60	35,05	25,05	8,75	3,55
	18,90	32,65	16,50	29,25	2,40	3,40
	21,80	38,00	18,65	32,55	3,15	5,45
	36,30	30,30	30,05	26,65	6,25	3,65
Средняя потеря	22,85	27,90	22,85	23,85	0,00	4,05
(вес мантийной	31,00	24,50	27,95	20,50	3,05	4,00
жидкости) –18,8%	21,25	53,90	18,05	45,15	3,20	8,75
	19,20	30,10	16,25	26,25	2,95	3,85
		34,55		30,50		4,05
		19,40		16,05		3,35
	Итого	602,90 г	Итого	519,70 г	Итого	83,20 г

Подготовка к взвешиванию бесскелетных – актиний, голых моллюсков, червей, медуз и т. д. – требует большого терпения и аккуратности. Предварительно освобождают животных от крупных загрязнений (субстрат, к которому они прикрепляются), затем животных помещают обратно в сосуд с морской водой и через некоторое время быстро вынимают, обсушивают и взвешивают. Разница в весе распутившейся актинии и сократившейся достигает более 50%.

Взвешивание производилось на обычных весах (типа Роберваля) с чувствительностью до 0,01 г. Одна из чашек (левая) весов была заменена на фарфоровую чашку. Весы были уравновешены. Точность взвешивания зависит от чувствительности весов. На судне положение равновесия постоянно смещается. Поэтому, чтобы избежать более или менее влияния качки (крен в 15° на борт еще позволяет работать), мы поступились чувствительностью и пределом точности приняли следующее правило:

животные весом 1,0 г и меньше определялись с точностью до 0,001 г
 » »10,0» » » » »0,01»
 » »100,0» » » » »0,1»

Весы были ориентированы поперечно к плоскости качания судна. Результаты определения веса *Asterias lincki* (собранные с одной станции): 51,0; 103,0; 68,0; 100,0;

⁶ Ibid.

⁷ Яценко А.Т. Журнал Эксперим. биолог. и медицины. М., 1926. № 4. С. 141.

49,5; 78,0; 88,0; 74,0; 81,5; 33,0; 54,5; 46,0; 47,5; 55,0; 82,0; 91,0; 103,0; 61,0; 39,5; 51,0; 103,0; 43,0; 41,0; 73,0; 102,0; 110,5; 91,0; 90,5; 63,5; 79,0; 65,0; 34,5; 52,0; 56,5; 44,0; 60,0; 38,0 85,0; 112,0; 76,5; 115,0; 114,0; 85,0; 94,5; 80,0; 52,0; 43,0; 103,5; 91,0; 61,0; 59,0; 84,0; 75,5; 60,5; 114,0; 113,5; 105,0; 73,0; 47,5; 76,0; 64,0; 44,5; 57,0; 43,5 48,0; 68,5; 62,5; 112,5; 61,0; 85,5; 101,0; 115,0; 83,0; 96,5; 101,5; 49,5; 105,00; 80,5; 93,0; 64,5; 94,5; 89,0; 99,5; 94,0; 54,5; 100,5; 89,5; 54,0; 76,5; 72,0; 102,5; 98,0; 73,0; 71,5; 105,0; 77,5; 74,0; 91,5; 52,0; 66,5; 91,0; 78,5; 131,0; 95,0; 44,5; 104,0; 86,5; 72,5; 39,0 г. Всего – 109 штук. Общий вес – 6025,5 г. Наибольший вес – 131,0 г. Наименьший – 34,5 г. Средний – 76,5 г. Через 18 дней на той же станции были выловлены *Asterias lincki* весом 141,5; 122,0; 117,0; 139,5; 130,0 г. Средний вес – 134,0 г. Из этого примера особенно ясно видно значение времени и места сбора. Результаты определения веса *Mytilus edulis* (собраны с одной станции). Частью покрыты *Balanus* 'ом, который механически удален. Взвешено было 1439 штук; общий вес – 33 кг, средний вес – 22,9 г.

В море не всегда возможно работать спокойно, особенно с весами. Поэтому произвести многочисленные взвешивания подчас невозможно и возникает вопрос о сохранении животных без изменения их веса до ближайшего времени. Все способы консервирования, употребляемые зоологами и др., рассчитаны главным образом на сохранение формы и окраски животного. Наиболее частые способы – это консервирование спиртом 70° и 4% HCOH. Изменением состава и веса живого вещества при консервировании никто не занимался. С целью ответить на этот вопрос, мы произвели следующую работу. Собранные *Mytilus edulis* и *Euragurus pubescens* были взвешены, как описано выше, снабжены этикеткой и консервированы. Вторичное взвешивание произведено через 50 дней, после обмывания животных дистиллированной водой и обсушивания фильтровальной бумагой.

1. *Euragurus pubescens*. Общее количество – 161 экз., вес (сырой) – 630,0 г. Залиты 70° спиртом (500 куб. см). Вес после консервирования – 598,0 г. Потеря в весе – 42,0 г, или 6,6%. Спирт был окрашен. Потеря произошла за счет извлечения не только воды, но и органических веществ. В 10 куб. см спирта после выпаривания и высушивания при 100 °С определено 0,125 г сухого вещества. Жидкости имелось 520 куб. см, откуда сухого вещества 6,25 г, или 0,9% сырого веса.

2. *Euragurus pubescens*. Консервирован в 100 куб. см раствора HgCl₂ 1/200. При вскрытии банки оказалось: раствор окрасился в бурый цвет, появились признаки разложения. Потеря достигает 40%. Способ консервирования совершенно не годен.

3. *Euragurus pubescens*. Консервирован в 100 куб. см 4% HCOH.

Вес сырой, г	Вес после консерв., г	Потеря в весе, г	
7,60	8,20	+0,60	
9,90	10,70	+0,80	
6,95	7,50	+0,55	
5,45	5,35	-1,10	<i>Euragurus pubescens</i> стали несколько плотнее. Жидкость слабо опалесцирует. При выпаривании ее и высушивании при 100 °С получается остаток сухого вещества 12,91 г. Таким образом, потеря веса составляет +5% (вес увеличился на 5%), а действительная потеря органического вещества достигает 20%. Потеря органического вещества восполняется водой консервирующей жидкости.
5,55	5,00	-0,55	
5,85	6,80	+0,95	
5,10	5,40	+0,30	
5,45	5,85	+0,40	
5,55	5,75	+0,20	
4,50	5,45	+0,95	
61,90 г	65,00 г	+3,10 г	

4. *Mytilus edulis*. Консервированы в растворе $\text{HgCl}_2 \frac{1}{200}$.

Вес сырой, г	Вес после консерв., г	Потеря в весе, г	
17,40	12,80	-4,60	Раствор резко помутнел. Створки раковин закрыты. Выпаренный раствор HgCl_2 содержал 26,7 г сухого вещества, иначе 14% потери приходится на органическое вещество.
26,65	21,40	-5,25	
19,90	13,60	-4,60	
16,95	12,00	-4,95	
19,30	13,60	-5,70	
17,25	13,90	-3,35	
15,00	10,80	-4,20	
18,95	14,20	-4,75	
20,55	16,70	-3,85	
19,00	14,50	-4,50	
190,05 г	143,50 г	-46,50 г	

5. *Mytilus edulis*. Консервированы в 4% HCOH .

Вес сырой, г	Вес после консерв., г	Потеря в весе, г	
16,85	15,00	-1,85	Консервирующая жидкость почти прозрачна. Створки некоторых раковин раскрыты. Выпаренный раствор HCOH дал сухого вещества 12,2 г, или 7,9% потери органического вещества.
16,70	14,30	2,04	
27 00	24,30	2,70	
22,15	19,20	2,95	
19,05	17,40	-1,65	
26,50	24,50	-2,00	
39,70	35,70	-4,00	
28,05	25,30	-2,75	
15,70	14,10	-1,60	
32,25	28,60	-3,65	
243,90 г	218,40 г	-25,50 г	

6. *Mytilus edulis*. Консервированы в 70° спирте.

Вес сырой, г	Вес после консерв., г	Потеря в весе, г	
47,95	40,80	-7,15	Раствор спирта слегка окрашен. <i>Mytilus's</i> обесцвечены. Раковины раскрыты. При высушивании спирта сухой остаток весил 5,70 г, т. е. 2,3% потери органического вещества.
35,05	32,75	-2,30	
16 50	13 70	-2,80	
8,65	24,00	-4,65	
30,05	25,70	-4,35	
22,85	18,80	-4,05	
27,95	16,20	-11,75	
18,05	14,40	-3,65	
16,75	14,70	-1,55	
10,60	8,90	-1,70	
244,40 г	209,90 г	-34,50 г	

7. *Mytilus edulis*. Пересыпаны NaCl.

Вес сырой, г	Вес после консерв., г	Потеря в весе, г	
25,05	21,90	-3,15	
29,25	24,00	-5,25	
32,55	27,30	-5,25	
26,65	22,35	-4,30	
23,85	18,80	-5,05	
20,50	16,00	-4 50	
45,15	34,80	-10,35	
26,25	17,70	-8,55	
30,50	24,00	-6,50	
16,05	13,10	-2,95	
272,75 г	227,00 г	-45,70 г	

При вскрытии раковин *Mytilus*'ы представляются совершенно свежими. Мантийная полость наполнена слегка окрашенной жидкостью. NaCl высушен при 100 °С. Истерт в агатовой ступке. Навеска в 20,0 г растворена в 1000 куб. см воды; в 10 куб. см полученного раствора дважды определено содержание хлора (по Фольгардту).

Отсюда рассчитано содержание NaCl; остальное составляет органическое вещество. Таким образом, определена потеря органического вещества на всю массу *Mytilus edulis*, которая оказалась равной 1,0 г, или 4,3% от сырого веса.

8. *Euragurus pubescens*. Пересыпаны NaCl.

Вес сырой, г	Вес после консерв., г	Потеря в весе, г	
10,15	9,95	-0,20	
13,20	13,85	+0,65	
6,50	5,85	-0,65	
5,90	5 50	-0,40	
7,60	7,40	+0,20	
7,80	8,90	+1,10	
5,95	6,65	+0,70	
6,65	6,50	-0,15	
5,00	4,70	-0,30	
4,20	5,10	+0,90	
72,45 г	74,40 г	-1,85 г	

Euragurus прекрасно сохранились. Форма их не изменилась, окраска яркая. NaCl высушен при 100 °С; определено содержание в нем органического вещества, как в предыдущем случае. Сухого вещества оказалось 10,70 г, или 15% от сырого веса.

Сопоставляя все данные, мы имеем:

Название животных	Способ консервирования	Сырой вес в граммах	Вес после консервирования в граммах	Общая потеря от сырого веса в %	Потеря органических веществ в % от сырого веса
<i>Mytilus edulis</i>	$\frac{1}{200}$ HgCl ₂	190,0	143,5	-24,0	-14,0
» »	70° эт. спирт	244,4	209,9	-14,0	-2,3
» »	4% HCOH	243,9	218,4	-10,0	-7,9
» »	NaCl	272,75	227,0	-20,0	-4,3
<i>Euragurus pubescens</i>	$\frac{1}{200}$ HgCl ₂	68,95	потеря – более 40 процентов		

Таблица (окончание)

Название животных	Способ консервирования	Сырой вес в граммах	Вес после консервирования в граммах	Общая потеря от сырого веса в %	Потеря органических веществ в % от сырого веса
» »	70° эт. спирт	630,0	598,0	-6,6	-0,9
» »	4% HCOH	62,0	54,6	-5,0	-20,0
» »	NaCl	70,9	74,4	+ 2,7	-15,0

Таким образом, от консервирования $1/_{200}$ HgCl₂ следует совершенно отказаться. Потеря достигает 40% сырого веса; 70° спирт значительно нарушает содержание воды, но сравнительно очень мало извлекает органического вещества; HCOH 4% в целом меньше всех принятых консервирующих средств изменяет вес (в случае с *Eupagurus pubescens* – 5%). На самом же деле, им извлекается большое количество органического вещества, потеря которого в случае *Eupagurus* составляет 20%, *Mytilus* – 7,9%.

В итоге наших небольших наблюдений мы должны признать, что, во-первых, ни один из принятых методов консервирования не годится для сохранения веса живого вещества. Поэтому употребляемый обычно разными авторами⁸ для сравнительной оценки продукции бассейна, дна моря и т. п. так называемый спиртовой, формалиновый и т. п. вес не может служить для наших целей и не является действительным весом живого вещества; во-вторых, верный вес получается лишь при непосредственном взвешивании животного.

⁸ См. Petersen и Jensen; Чугунов. Тр. Астрах. ихт. лабор. 1923. Т. V, вып. I.

ВАНАДИЙ В МОРСКИХ ОРГАНИЗМАХ¹

О нахождении V в морских организмах стало известно совсем недавно. В 1914 г. Henze² нашел V в дыхательном пигменте крови асцидии *Phallusia mamillata*. Пигмент содержал 18.5% V₂O₅. В 1913 г. он же качественно показал присутствие V так же еще в *Phallusia fumigata*, *Ascidia mentula*, *Ciona Intestinalis* и *Diozona violacea*. В свое время эти наблюдения вызвали интерес со стороны геоминералогов, искавших в этом факте объяснение значительных концентраций V в ряде вторичных отложений. В 1917 г. Phillips³ нашел V в голотурии *Sticopus Moebii* с о. Тортугас, причем дал количественное определение V, а именно в сухом веществе голотурии содержалось 0.123% V. Вскоре затем Hecht⁴ указал на нахождение V в крови *Ascidia atra*. И, наконец, в 1930 г. Azéma et Pied⁵ спектроскопически показали присутствие V в крови асцидий, для которых V был указан Henze, а именно – *Phallusia mamillata*, *Phallusia fumigata*, *Ascidia mentula* и, кроме того, в двух новых видах *Botrylloides rubrum* и *Botrylloides schlösseri* var. *Smaragclus*, причем последние авторы замечают, что линии спектра V особенно отчетливы для видов из сем. *Ascidiidae*.

В нашем распоряжении были организмы, собранные в Мурманском побережье во время прошлогодних экспедиционных работ сотрудников Биогеохимической лаборатории Академии наук.

Путем химического анализа в золе двух голотурий, *Molpadia affinis* и *Cucumaria frondosa*, мы не нашли V. Зола же асцидии *Ciona intestinalis* и особенно *Phallusia obliqua* показала значительное его содержание.

В 0.1 г зола *Phallusia obliqua* можно было показать нахождение V рядом характерных цветовых реакций (с H₂O₂, купферомом, путем восстановления и т. д.).

По нашей просьбе С.А. Боровик сделал спектрограмму зола, показавшую яркие линии V.

Так как количественных определений V в асцидиях вообще не было сделано, а для *Phallusia obliqua* наши наблюдения являются новыми, то мы произвели количественное определение V. В основном метод, нами выбранный для определения V, заключался в том, что зола была несколько раз сплавлена с Na₂CO₃ + KNO₃. Из водного раствора сплава (после соответственной обработки) осаждался ванадат свинца. Последний растворялся, а ванадий, восстановленный SO₂, титровался KMnO₄.

29 экземпляров *Phallusia obliqua* в живом состоянии имели вес 525.00 г.

Сухой остаток из них (высушивание при 110 °С) составлял 9.8% (или 90.20% потери при высушивании), зола – 6.52% на вес живого вещества.

Кроме того, мы проанализировали отдельно собранные тела *Phallusia obliqua* (без туник). Из 67 экземпляров (весом 368.28 г) сухого остатка было 7.60%, а зола – 2.92%.

¹ Докл. АН СССР. Сер. А. 1930. № 17. С. 465–467.

² Henze M. Zeitschrift f. Physiol. Chem. Bd. 72. S. 494; Bd. 79. S. 215; Bd. 86. S. 340.

³ Phillips A. Am. Journ. of. Sci. 1918. Vol. XLVI, no. 272. P. 473.

⁴ Hecht. Am. Journ. of Phys. 1918 No. 45. P. 157..

⁵ Azéma M. et Pied H. C. R. 1930. Vol. 190, no. 3. P. 220.

Из 5 определений V в целых организмах в среднем оказалось:

	% V ₂ O ₅		% V
В золе	0.828%		
В сухом остатке	0.55	или	0.308
На вес живого вещества	0.0539	»	0.0302

Из 2 определений V в телах *Phallusia obliqua* в среднем получилось:

	% V ₂ O ₅
В золе	2.994
В сухом остатке	1.155
На вес живого вещества	0.0876

Таким образом, концентрация V в *Phallusia obliqua* достигает порядка 3.10⁻²% V на живой вес. Она, по-видимому, значительнее, чем для *Sticopus Moebii*, если сравнить с данными Phillips'a: 0.123% V на сухой вес для *Sticopus Moebii* и 0.550% V на сухой вес для *Phallusia obliqua*. Подобные организмы должны быть отнесены к V-организмам, существование которых допускает акад. Вернадский⁶.

Имея в виду все находки тем или иным путем V в асцидиях, можно почти с уверенностью сказать, что все виды, по крайней мере семейства *Asciidiidae* (*Phallusiidae*), имеют в крови пигмент с ванадием (аналогично другим организмам, собирающим в крови Cu, Mn и др. тяжелые металлы). Это факты, к которым мы еще не привыкли в своих научных изысканиях и которые недостаточно использовали в сравнительной зоологии и физиологии.

Как известно, *Phallusia obliqua* – форма бореальная, широко распространенная и в наших арктических водах (например, в Кольском заливе); в некоторых местах *Phallusia obliqua* находится в колоссальном количестве. Иногда, как замечает К.М. Дерюгин⁷, в трал попадает несколько тысяч экземпляров.

Массовый характер поселения *Phallusia* не только создает местное обогащение ванадием живого биоценоза, заставляя задуматься над источниками V у *Phallusia*, но, несомненно, создает условия и для обогащения ванадием определенных грунтов моря. В настоящее время мы продолжаем свои исследования над V.

Биогеохимическая лаборатория АН
Май 1930

⁶ Вернадский В. И. Химический состав живого вещества. П., 1922. С. 40.

⁷ Дерюгин К. М. Фауна Кольского залива. П., 1915. С. 571.

ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ МОРСКИХ ОРГАНИЗМОВ В СВЯЗИ С ВОПРОСАМИ ИХ СИСТЕМАТИКИ И МОРФОЛОГИИ¹

I

В нашу задачу не входит рассмотрение всей проблемы геохимии живого вещества. Мы поставили целью познакомиться лишь с одним частным вопросом, вытекающим из общей проблемы, с вопросом, никогда ранее широко не ставившимся в науке, а именно – связью вопросов систематики и морфологии с геохимическим изучением живого вещества. Поэтому мы здесь чрезвычайно кратко остановимся на главных идеях геохимии вообще и геохимии живого вещества в частности.

Основной задачей геохимии является выяснение законов распределения и сочетания химических элементов в земных оболочках. В своих глубочайших обобщениях геохимия пользуется законами, лежащими в основе тончайшего строения атомов, их протонов и электронов. Она пытается вывести законы миграции химических элементов в земной коре, а в частности и в биосфере, исходя из свойств самих атомов. Что касается участия живого вещества, т. е. совокупности организмов, населяющих землю, в процессах, текущих в земной коре, то оно всегда в той или иной мере признавалось в геологических науках. Но всю исключительность значения живого вещества в геохимических процессах в биосфере, отношение этого явления к равновесию всех земных оболочек выяснил и широко развил в наше время в ряде работ акад. В.И. Вернадский. Новый геохимический подход к явлениям жизни оказался чрезвычайно плодотворным. Следствием этой точки зрения на живое вещество явилось то, что проблема захватила область не только геоминералогических наук, но и соседних наук – биологических и других. Мы сейчас должны признать, что постановка проблемы о геохимическом изучении живого вещества выдвинула, в частности перед биологией, вопросы, на которые еще предстоит отвечать. Напомню, что проблемы биологического обогащения изотопами, радиоактивность и значение ее для явлений жизни и многие другие – все это является развитием одной основной идеи. Настоящая наша статья (геохимия и систематика, связь химического элементарного состава с формообразованием) является также по существу развитием возбужденного В.И. Вернадским вопроса.

Прежде чем обратиться к непосредственному изложению содержания самого вопроса, нам предстоит кратко познакомиться с тем, что представляет собою тот материал, пользуясь которым мы будем делать свои заключения и выводы. Как вытекает из определения задач геохимического изучения живого вещества, т. е. совокупности его видов, родов и других таксономических единиц, оно в главном сводится к выяснению законов распределения и сочетания химических элементов в организмах. Таким образом, становится совершенно ясно, что главным, да, пожалуй, и единственным, материалом для наших целей явятся аналитические данные по химическому элементарному составу организмов. Мы сейчас же должны оговориться, что, следовательно, нас не будут интересовать пока высокомолекулярные соединения, какими являются белки, жиры и другие подобные органические соединения.

¹ Краткое изложение доклада, сделанного 28 II 1931 в Ленинградском обществе естествоиспытателей. Общая критическая сводка по химическому элементарному составу морских организмов появится в III т. «Трудов Биогеохимической лаборатории Академии Наук».

II

За 130 лет в мировой литературе накопилась в целом огромная масса аналитического материала по химическому элементарному составу организмов. Интерес к этой работе вызывался, с одной стороны, геологией и минералогией, с другой – агрохимией и биологией. Мы будем кратки в своем критическом рассмотрении этого материала. Здесь было бы неинтересно останавливаться детально на всем этом материале. Мы позволим себе поэтому привести лишь выводы, которые из этого рассмотрения можно сделать и которые явятся для нас кардинальными. Вот они: 1. Почти совершенно отсутствуют анализы целых организмов; подвергались анализу отдельные органы и части организмов – семена, листья, корни, скелетные части, кровь и т. д. 2. И эти анализы далеко не полные; они слагаются из данных для 5–10 обычных химических элементов, особенно для N, P, Ca, Fe и т. д.; почти совершенно отсутствуют, например, данные по углероду. 3. Анализы выражены в % веса либо живых организмов, либо воздушно-сухих, высушенных при 100 °С и других температурах, их золы и т. д., поэтому часто несравнимы; почти отсутствуют аналитические данные, отнесенные к среднему весу живых организмов. 4. Отсутствуют точные систематические обозначения, указания возраста, пола, времени сбора и других условий, при которых брались организмы в анализ. В таблице 1 представлено количество видов, для которых существуют химические элементарные определения².

Таблица 1

Названия	Число видов (по Hesse, 1928)	Число видов, анализированных
Растения	ок. 300 000*	3000
Protozoa		50
Porifera	4500	100
Coelenterata	9000	200
Echinodermata	4200	150
Bryozoa	3050	50
Vermes	16 000	70
Brachyopoda		20
Mollusca	} 104 000	300
Crustacea		70
Arachnoidea	28 000	
Insecta	750 000	} 200
Tunicata	1600	
Vertebrata	70 000	25
		400

Картина такова, что только около <0.5% из всех описанных видов были химически опробованы. Но, конечно, мы легко должны понять, что все же данные для одних видов во многих случаях мы можем распространить с известной осторожностью и на ряд других видов, родов и т. п.

² Считался за единицу каждый вид, для которого имелся хотя бы качественный химический анализ одного и больше элементов, безотносительно для целого организма, или его части, или органа он был выполнен. Таким образом, числа взяты по высшему пределу и соответственно округлены.

* См. предыдущую ссылку.

Что же касается вопроса, какие химические элементы входят в состав организмов, то он до самого последнего времени не имел более или менее правильного ответа. Представления о 16 так называемых биогенных элементах (Ergera), собственно говоря, дожили до самых последних дней, правда, почти ежегодно пополняясь новыми биогенными элементами.

В начале прошлого (XIX. – *Прим. ред.*) столетия при первых находках Cu, As, I и др. элементов в организмах возникли споры об облигатности, случайности, псевдо-нормальности их для организмов. Споры тянулись десятками лет, пока физиологическим опытом не доказывалось физиологическое значение этих элементов, и в этом смысле в истории не было исключения. Так, постепенно Cu, Mn, Zn, V и многие другие были признаны обязательными химическими элементами для организмов.

С геохимической точки зрения две больших группы химических элементов, а именно группа циклических и группа элементов рассеяния³, безусловно связаны с живым веществом.

Из 89 ныне известных химических элементов, к настоящему времени 58 из них найдены встречающимися в организмах. Кроме того, несомненно, что все инертные газы находятся в организмах; затем вероятно, что только сложность методики не позволяет открыть все элементы редких земель в организмах. И, наконец, поскольку нахождение Ra в организмах доказано, нахождение и всех остальных радиоактивных элементов ясно. Сейчас в направлении этих трех вопросов ведутся работы в Биогеохимической лаборатории Академии наук. Собственно говоря, почти нет никаких указаний только для 6 элементов платиновой группы⁴. С геохимической точки зрения можно высказать гипотезу, что все химические элементы так или иначе связаны с живым веществом. В таблице 2 показаны порядки распределения химических элементов в процентах среднего состава живого вещества.

Таблица 2

Группы	Проценты	Названия элементов
Макроэлементы	$>10^1$ 10^0-10^{-1} $10^{-1}-10^0$ $10^{-2}-10^{-1}$	O, H, C, N, Ca, S, P, Si, K, Mg, Fe, Na, Cl, Al
Микроэлементы	$10^{-3}-10^{-2}$ $10^{-4}-10^{-3}$ $10^{-5}-10^{-4}$	Zn, Br, Mn, Cu, I, As, B, F, Pb, Ti, V, Cr, Ni, Sr, Ag, Co, Ba, Th
Ультрамикроэлементы	$10^{-6}-10^{-5}$ $10^{-11}-10^{-6}$ $10^{-12}-10^{-11}$	Au, Rb, Ra, Em

Мы условно будем называть элементы порядка от $10^{-10}\%$ до $10^{-20}\%$ макрохимическими; от $10^{-30}\%$ до $10^{-50}\%$ – микрохимическими; $10^{-60}\%$ и меньше – ультрамикрохимическими.

³ Вернадский В.И. Очерки геохимии. Л., 1929.

⁴ А именно: Ru, Rh, Pd, Os, Ir и Pt. Для Pt существуют старые указания на нахождение ее в деревьях и т. п.

Порядок нахождения неизвестен для найденных в организмах Li, Be, Sc, Ga, Ge, W, Ar, Se, Mo, Cd, Sn, Cs, La, Ce, Dy (?), Hg, Tl, Sb, Bi, Sm (?), Yt и U.

Как видно из таблицы 2, макрохимические элементы составляют 99% веса живого вещества. На этом мы закончим пока рассмотрение элементарного химического состава живого вещества в целом.

Обращаясь теперь к вопросу, каким представлялся до сих пор химический элементарный состав отдельных организмов, видов, родов и т. д., приведем таблицу 3.

Таблица 3

Названия	Процентное содержание химических элементов на целый организм											
	C	N	S	P	Cl	K	Na	Ca	Mg	Fe	Si	Mn
<i>Lemna polyrrh.</i>	4.0	3.10 ⁻¹	4.10 ⁻²	6.10 ⁻²	1.10 ⁻¹	3.10 ⁻¹	3.10 ⁻²	1.10 ⁻¹	5.10 ⁻²	7.10 ⁻³	2.10 ⁻²	1.10 ⁻²
<i>Laminaria dig.</i>		2.10 ⁻¹	1.10 ⁻²	5.10 ⁻²	1.0	1.0	5.10 ⁻¹	8.10 ⁻¹	5.10 ⁻¹	1.10 ⁻¹	3.10 ⁻³	
<i>Arenicola mar.</i>		2.0		2.10 ⁻¹				1.10 ⁻¹		1.10 ⁻¹		
<i>Mysis flex.</i>		3.0		3.10 ⁻¹				1.0		8.10 ⁻²		
<i>Asterias rub.</i>		2.0		2.10 ⁻¹				7.0		7.10 ⁻²		
<i>Cyprinus carp.</i>		3.0	3.10 ⁻²	3.10 ⁻¹	7.10 ⁻²	3.10 ⁻¹	7.10 ⁻²	1.2	9.10 ⁻³	1.10 ⁻²		

Разнообразие химического элементарного состава организмов большинство ученых связывает исключительно с влиянием почвы и других экологических факторов, считая химический элементарный состав организмов в основе однообразным. Чтобы рассеять этот взгляд, мы напомним о еще более специфическом химическом элементарном составе тех организмов, которые, принимая участие в биогенной миграции по преимуществу какого-нибудь химического элемента, сами одновременно становятся его концентраторами. Так, хорошо известны: кальциевые, железные, серные, марганцовые и другие организмы.

Существование постоянного различия, на чем мы еще будем иметь случай подробнее остановиться, в химическом элементарном составе определенных видов и т. п. не могло остаться незамеченным в науке. По-видимому, впервые Scherer (1856) и особенно его ученик Bezold высказали взгляд о связи химического состава организмов с морфой и с гистологическим их строением. Bezold сам проделал ряд анализов организмов и убедился в его постоянстве для определенных групп. Почти одновременно Rochleder (1854) высказал подобные же взгляды о связи химического состава и положения данного вида в системе: "Der Homöomorphismus der Pflanzen ist, wie der Isomorphismus der Mineralien, durch die chemische Zusammensetzung bedingt". Далее, известны современные взгляды, развиваемые рядом ученых о классификации организмов по принципу содержания алкалоидов, эфирных масел, пигментов и т. д. Мы не можем останавливаться на этих взглядах и тем более потому еще, что они нас уводят в область высокомолекулярных соединений. Оставаясь на геохимической точке зрения, с удивительной простотой и ясностью этот вопрос о химическом элементарном составе и отношении его к морфе постулирует В.И. Вернадский. Он говорит, что химический элементарный состав организмов является их видовым признаком. Как нам кажется, и в науках, более близко стоящих к вопросам классификации организмов, в науках биологических, развитие представления о виде и

других таксономических единицах шло по пути от абстрактных видов первых систематиков к современным представлениям о виде как морфологической системе, помноженной на географическую определенность (В.Л. Комаров).

С тех пор как между морфологией и географией утверждается близкая связь, вид связывается в известном смысле с местом на земле, понятие о виде приобретает геохимический оттенок. Развивая эту тенденцию в полном соответствии с современными представлениями о виде, мы можем сказать, что с геохимической точки зрения видом явится морфологическая система, помноженная на геохимическую определенность. Вот если согласиться с этим, то каждый шаг в дальнейшем геохимическом познании организмов невольно будет обращаться вспять, будет искать на новых путях опору в прошлом: с одной стороны, в законах геохимии, а с другой – в общих законах систематики и морфологии. Они явятся и для нас отправными пунктами изложения. С них мы и начнем.

Все дальнейшее изложение будет касаться организмов моря. Мы выбрали эту область для иллюстрации проблемы – химический состав в связи с систематикой и морфологией – потому, что анализы морских организмов более однородны по содержанию и многократно проверялись. Все же отсутствие достаточного числа анализов целых морских организмов ограничивает возможность ими пользоваться, заставляя обращаться главным образом к анализам отдельных частей и органов. Здесь мы используем данные, относящиеся к скелетам и лишь отчасти к крови морских организмов, во-первых, потому, что они в своем развитии связаны с основными субстратами моря, его солевым раствором и газами; во-вторых, потому, что состав скелетов и крови больше всего интересовал биологов и потому более известен.

III

Какие законы геохимии имеют отражение в распределении и в сочетании химических элементов в живом веществе? Если бы мы сравнили средний химический элементарный состав земной коры с таковым же составом живого вещества, то должны бы были заметить сходство в порядках распределения элементов. Однако Si, C и в меньшей степени некоторые другие элементы представляют кажущееся исключение. Si в земной коре находится порядка $>10^1\%$, а в живом веществе – порядка $10^{-10}\%$, а C, наоборот, в земной коре находится порядка $10^{-10}\%$, а в живом веществе – $>10^1\%$. Это несоответствие тотчас же исчезнет, как только мы попытаемся сравнить химический элементарный состав живого вещества с таковым же составом биосферы – области, непосредственно влияющей на живое вещество. С большой вероятностью следовало бы из этого сравнения, что массы атомов биосферы определяют средний химический элементарный состав всего живого вещества.

Все то разнообразие, с которым мы встречаемся, например, в составе скелетов морских организмов, особенно среди Protozoa, определяется общей предельной величиной растворимости солей, гидроокисей и других соединений в морской воде. Из всех возможных комбинаций катионов, присутствующих в морской воде, Ca, Mg, Sr, Ba, Fe, Al и др. с анионами CO_3 , PO_4 , SO_4 , OH, SiO_2 , F, из образующихся солей, гидроокисей и других соединений, идут на построение скелетов те из них, растворимость которых в H_2O ниже $n \cdot 10^{-20}\%$. Дальше мы подробно на этих соединениях остановимся (см. гл. IV, Protozoa).

В земной коре в огромном масштабе сказываются явления изоморфизма и изоморфных рядов. Совершенно точно так же имеют место те же явления и в живом веществе. Скелеты морских организмов, как мы только что видели, сложены из тел, находимых и в мертвой природе: CaCO_3 и изоморфный ему MgCO_3 находятся вместе в скелетах (в виде кальцита); соли Sr и Ba, сопровождающие обычно

карбонаты Ca и Mg, находятся в кальцитовых и арагонитовых скелетах; CaF₂, входящий в состав апатитов, совершенно точно так же сопровождает скелеты апатитового ряда Brachyopoda, Vertebrata и др.; I, Br, Cl встречаются вместе в Alcyonaria, Silicospongia, образуя органические комплексы и т. д.; металлы Mg, Mn, Fe, Zn, Cd, Cu, Ni, Co (и In?), образующие один изоморфный ряд, целиком входят в виде металлоорганических комплексов, например, в состав ткани hepatopancreas Mollusca, Crustacea и других морских организмов.

Аналогично вышеставленному вопросу об общих закономерностях, наблюдающихся в распределении химических элементов в земной коре и в живом веществе, мы можем задаться вопросом о сходстве и несходстве поведения морфологических признаков при сравнении их с признаками химическими. Сравнение прекрасно разработанных филогенетических систем морфологических признаков, например, с рядами последовательных изменений химического элементарного состава, наблюдаемых в организмах, дает ключ к пониманию последних. Нет никаких оснований отказываться от этого приема; наоборот, гомологические ряды химических признаков (убывающие или возрастающие ряды химических элементов), химическая конвергенция (например, существование морфологически идентичных Foraminifera, Rotifera, в то же время отличающихся составом скелета, – CaCO₃ или SiO₂) и т. п. – этот путь в геохимии живого вещества должен быть использован. Это не значит, что только эти пути научных аналогий позволят раскрыть законы, связывающие химический элементарный состав с положением в системе и морфой организма. Имеются и другие пути.

Макрохимические элементы, представляющие 99% по весу организмов, постоянны и мало изменяются и качественно, и количественно. Изменяются содержания микро- и ультрамикроэлементов от одного вида или рода и т. п. к другому. Если изменения макроэлементов происходят при этом на несколько, то изменения в содержании микро- и ультрамикроэлементов происходят в несколько раз – десятки и сотни раз.

Если бы мы проследили за количественными изменениями одного из таких элементов, то мы заметили бы, как он в ряду организмов (видов, родов и т. д.) постепенно увеличивается и наконец достигает предельной для его нахождения в живом веществе величины. Конечными членами этого возрастающего ряда являются обычно организмы – концентраторы этих элементов. Так, например, I, находящийся во всех морских организмах⁵, значительно содержится в бурых водорослях, Alcyonaria и Silicospongia. В свою очередь, среди них он особенно концентрируется, соответственно, в семействах Laminariaceae, Gorgoniidae, Spongiidae и некоторых других. И, наконец, типично-иодными организмами являются среди них, например, виды Laminaria digitata, Euspongia officinalis, Gorgonia Cavolini и др. Ванадий (V) находится во всех Ascidiidae, но виды подотряда Stolidobranchiata содержат его чрезвычайно мало. Несколько больше его в семействе Botryllidae того же отряда. И, наконец, все виды отряда Phlebobanchiata богаты V, а некоторые из них (*Phallusia obliqua*) – типично ванадиевые организмы. Подобные примеры можно привести для большинства химических элементов. Систематическое значение этих рядов никогда не изучалось.

Географическое изменение морфологических признаков всем хорошо известно. Чрезвычайной важности факт был найден при рассмотрении магнезиально-кальциевых скелетов морских организмов. Благодаря анализам, главным образом Clarke and Wheeler, а затем Я.В. Самойлова и его учеников и мн. др., установлено, что,

⁵ В целом больше, чем в организмах суши.

по мере того как местообитание Alcyonaria, Echinodermata и др. продвигается от полюса к экватору, количество Mg в их кальцитовых скелетах растет и наконец удваивается (от 6 до 14%) (табл. 4).

Явление прежде всего связано с тепловым режимом. Изменение содержания Mg не проходит бесследно в смысле изменения как физико-химических свойств скелетного материала, отражающихся на архитектонике скелета, так в конце концов и морфы. Как далеко идут эти морфологические изменения? Зависит ли химический элементарный состав лишь от широты местности или же он является в определенной мере видовой принадлежностью? При решении подобных вопросов положение о геохимической определенности вида приобретает всю важность. В таблице 4 *Strongylocentrotus dröbachiensis* из трех различных мест (очевидно, лежащих в пределах ареала распространения данного вида) дает тот же состав скелета. Аналогичное явление и с *Metacrinus rotundus*, *Rhipidogorgia flabellum* (табл. 4).

Таблица 4

Названия	Широта местности		MgCO ₃ в %
Alcyonaria			
<i>Primnoa reseda</i>	42°16'	C	6.18
<i>Alcyonium carneum</i>	45°11'	C	6.66
<i>Pennatula aculeata</i>	44°47'	C	7.71
<i>Corallium elatior</i>	33°	C	11.56
<i>Tubipora purpurea</i>	1°20'	C	12.23
<i>Rhipidogorgia flabellum</i>	32°	C	12.64
<i>Rhipidogorgia flabellum</i>	25°	C	13.19
<i>Ctenocella pectinata</i>	10°	Ю	15.65
<i>Phyllogorgia quercifolia</i>	3°50'	C	15.73
Echinodermata			
<i>Asterias vulgaris</i>	44°55'	C	7.79
<i>Ctenodiscus crispatus</i>	43°08'	C	8.78
<i>Pontaster tenuispinus</i>	39°29'	C	8.86
<i>Asterias tanneri</i>	35°43'	C	10.28
<i>Asterina pectinifera</i>	43°	C	12.05
<i>Acanthaster planci</i>	5°49'	C	13.33
<i>Phataria bifascialis</i>	22°52'	C	13.56
<i>Oreaster occidentalis</i>	25°	C	13.76
<i>Linckia guildingii</i>	11°25'	C	14.31
<i>Metacrinus rotundus</i>	30°58'	C	10.30
		Япония	11.70
<i>Strongylocentrotus dröbachiensis</i>	71°30'	C	5.50
<i>Strongylocentrotus dröbachiensis</i>	72°48'	C	6.0
<i>Strongylocentrotus dröbachiensis</i>	70°9'	C	6.30

Химический элементарный состав систематически изменяется с возрастом, по-сезонно, различен у полов; наконец, отдельные части организмов имеют различный состав. Сезонные изменения носят периодический характер: для многих элементов их максимум совпадает с весной (I, Си), со временем икрометания (Zn). Интересно, что сезонная кривая I в водорослях вполне налагается на такую же кривую содержания I в щитовидной железе Vertebrata.

Познакомившись в общих чертах, если так можно сказать, с химической анатомией организмов, мы перейдем к рассмотрению отдельных классов морских организмов. Мы остановимся на некоторых примерах постоянства химического элементарного состава и его характерных видовых, родовых и других особенностях, далеко не исчерпав в нашей краткой статье всего имеющегося материала.

IV

Protozoa. В систематических работах по Protozoa пользовались иногда не только формой скелетов, но и их химическим составом. Скелет Protozoa по химическому составу далеко не изучен, но уже и сейчас представляет большое разнообразие. Так, например, Rhizopoda имеют не менее четырех основных типов. Группа песчаных Foraminifera представлена анализами видов только двух семейств – Lituolidae и Astrorhizidae, причем содержание железо-кальциевого цемента (возможно $\text{FeCO}_3 + \text{CaCO}_3$) увеличено у видов Lituolidae, например, *Astrorhiza crassatina* содержит Fe_2O_3 1.9%, CaCO_3 – 2.3%, а *Haplophragmina latidorsatum* – 16.3 и 7.3% соответственно. Но мы должны помнить чрезвычайную изменчивость песчаных форм, а с другой стороны, и то, что процесс выделения ими Fe является активным. Известковые Foraminifera следует называть магнезиально-кальциевыми организмами, скелет их сложен из кальцитовой разности. Виды семейства Globigerinidae (например, *Globigerina bulloides* и *Sphaerodina dehiscens*) содержат мало MgCO_3 (0.4 и 1.8%). Наоборот, все виды Miliolidae содержат его до 12%. Виды семейства Rotalidae, близкого к Globigerinidae, содержат от 4 до 11% MgCO_3 , а Nummulinidae – около 5%.

Penard, Chapman, Heron-Allen и Earland нашли ряд Foraminifera, по структуре скелета изоморфных кальцитовым, но содержащих в скелете SiO_2 (вероятно, опал); среди них морской род Miliammina. Дальше имеются Rhizopoda, содержащие BaSO_4 . История этого вопроса не закончена. Schulze выделил Xenophyophora с BaSO_4 (два семейства – Psammionidae и Stammonidae).

Radiolaria почти не имеет количественных определений состава. По-видимому, все Spummelaria и Nassellaria имеют кремневый скелет. Но нужно быть осторожным. Biitschli и Шевьяков, как известно, относительно характера скелетов некоторых Radiolaria остались при разных мнениях. Biitschli не без основания считал Podactinellus (Acantharia) имеющей скелет из SrSO_4 . Шевьяков для *Acanthometrum pellucidum* держался того мнения, что скелет ее составлен из гидрата алюмосиликата Ca. В своей монографии об Acantharia он подвергает сомнению саму принадлежность Podactinellus к Radiolaria.

Для Heliozoa известны лишь качественные пробы, указывающие присутствие Si.

Porifera. Известковые губки состоят из кальцита с большим содержанием MgCO_3 . Более или менее полные анализы известны только для трех видов Calcareia. Для Silicospongia следует отметить два наблюдения: 1) изменение содержания Si в них параллельно изменениям морфы, например, в приведенном в таблице 5 филогенетическом ряду губок; 2) содержание H_2O в кремневых спикулах различное для разных губок.

Размах в содержании воды, несомненно, значительно шире, чем это указано в таблице 6. Это подтверждается, с одной стороны, нахождением в коллоидно-жидком состоянии SiO_2 в спикулах семейства Collosclerophora, а с другой – вероятно нахождение кристаллического гидрата кремнезема (у Hexactinillidae), на что в свое время указывал В.И. Вернадский.

Таблица 5

Названия	SiO ₂ в %	Органич. веш. в %
<i>Reniera flava</i>	37.5	47.2
<i>Pachychalina</i>	–	–
<i>Chalina arbuscula</i>	32.0	61.0
<i>Euspongia officinalis</i>	1.3	89.9

Таблица 6

Названия	% воды в спикулах	Формула
<i>Geodia placenta</i>	6.0	5(SiO ₂) · H ₂ O
<i>Reniera</i> sp.	7.34	4(SiO ₂) · H ₂ O
<i>Poliopogon amadou</i>	7.16	4(SiO ₂) · H ₂ O
<i>Monoraphis chuni</i>	10.9	3(SiO ₂) · H ₂ O
<i>Hexactinellidae</i> sp.	13.18	2(SiO ₂) · H ₂ O

Мы не сомневаемся, что оба наблюдения могут иметь большое значение для систематики.

Coelenterata. Скелет семейства Hydrocorallinae (*Millipora* и *Dichtichopora*) и *Hexacorallia* состоит из CaCO₃ и является арагонитовым. *Octocorallia*, подобно *Poriferae*, имеют магниально-кальциевый, кальцитовый, скелет с большим содержанием MgCO₃ (до 14%). Среди последних имеется исключение, а именно: семейство *Heliorogae* в скелете почти не содержит Mg и представлено арагонитовой разновидью. Другое семейство – *Tubiporidae*, вместе с *Heloporidae* отличающееся от всех других *Octocorallia* трубчатым строением скелета, имеет, однако, отличный от *Heliorogae*, но обычный для всех *Octocorallia* магниально-кальциевый, кальцитовый, скелет. Эти особенности чрезвычайно интересны в связи с тем, что оба семейства, *Heliorogae* и *Tubiporidae*, сближаются с палеозойскими *Tabulatae*.

Присутствие в скелетах *Coelenterata* и всех других морских организмов (обычно в малых количествах) сульфата Ca, фосфатов и др. систематически и количественно не изучено, поэтому мы невольно должны временно отказаться от их рассмотрения с нашей точки зрения.

Echinodermata. У всех классов их имеется однообразный магниально-кальциевый скелет, а, как мы уже говорили, содержание Mg в нем меняется в зависимости от местообитания вида. Поскольку у каждого вида имеется свой ареал обитания, содержание MgCO₃ является в известной степени видовым признаком. Содержание органического вещества относительно скелета у *Echinodermata*, сколько можно судить на основании более ста анализов разных авторов, всегда наименьшее у *Echinidae*, затем у *Crinoidea* и у *Ophiuroidea*, а наибольшее у *Asteroidae* и самое большое, как известно, у *Holothuroidea*. Можно высказать общее правило, что периферические части скелетов *Echinodermata* – лучи, иглы и тому подобное – содержат меньше MgCO₃, чем остальной скелет.

Bryozoa. Большинство из них включает минеральный скелет. Нужно сказать, что, несмотря на ряд анализов Bryozoa, установить даже основные типы минеральных скелетов Bryozoa трудно. Прежде всего, имеются кальцитовые скелеты, и чем больше в них $MgCO_3$, тем более они тонки по строению. Формы более компактные и массивные содержат мало $MgCO_3$. Также было найдено, что формы прибрежные богаче карбонатами, чем морские. Параллельно с этим описывались и новые морфологические вариации, и подвиды. Sorby указывал и арагонит, и кальцит в скелетах Bryozoa. Более новые авторы находили лишь кальцит. Lewis нашел в ископаемой форме *Voloroga undosa* много фосфатов. Правда, он не исключает метаморфических изменений. Но интересно, что и современные виды (например, из рода *Bugula*) содержат до 2% фосфата Ca. То положение, которое Bryozoa занимает у разных авторов, в смысле филогенетической связи с другими классами организмов, заставляет обратить особое внимание на химический состав этих организмов.

Vermes. Единственно, что может привлечь наше внимание, – это анализы трубок 6 видов Polychaeta.

Семейство Serpulidae, как и ряд других, имеет магниезиально-кальциевые трубки. Семейство Eunicidae имеет фосфорный скелет.

Таблица 7

Семейство	Названия	CaO в %	CaO в %	CaO в %
Serpulidae	<i>Protula tabularia</i>	50.9	0.14	–
	<i>Filograna implexa</i>	35.9	0.0	–
	<i>Hydroides dianthus</i>	39.1	3.6	–
Eunicidae	<i>Onuphis tubicola</i>	3.4	9.7	21.6
	<i>Hyalinoecia artifex</i>	5.3	8.4	20.5
	<i>Leodice polybranchia</i>	5.1	4.4	6.5

Пока нам известно одно такое семейство. Таким образом, исходя всего из 6 анализов, можно выделить уже две группы – два семейства – на основании знакомства с распределением лишь трех химических элементов в трубках Vermes.

Brachyopoda. Как теперь хорошо известно, скелеты Inarticulata: *Obolus* (ископаемые), *Lingula*, *Discina* и др. – являются принадлежащими к апатитовому ряду. А скелеты Articulata – магниезиально-кальциевые.

Таблица 8

Названия	$Ca_3(PO_4)_2$ в %	$CaCO_3$ в %	$MgCO_3$ в %
<i>Obolus apollinius</i> (ископаемый)	85.9	8.2	
<i>Lingula anatina</i>	90.0	8.3	0.8
<i>Discina lamellosa</i>	75.1	16.6	6.7
<i>Crania anomala</i>	0.3	90.0	3.5
<i>Rynchonella psittacea</i>	–	98.2	0.5

Discina, как видно, содержит меньше фосфатов и больше карбонатов, чем другие Inarticulata. Следует напомнить, что *Crania*, являющаяся магниезиально-кальциевым организмом, производится из *Discina*. Как известно, обе формы отличаются значи-

тельно морфологически друг от друга. Crania, в свою очередь, в сравнении с другими видами Articulata, имеет наиболее высокое содержание Mg (карбоната) – 6%, тогда как обычно у Articulata оно не достигает 1.0%. Inarticulata содержат F (CaF₂) до 2% и более у ископаемых форм, что и следовало ожидать у этих организмов, имеющих апатитовый скелет.

Mollusca. Створки раковин Mollusca состоят обычно либо из слоев CaCO₃ – арагонита, либо из MgCO₃ · CaCO₃ – кальцита (что встречается очень редко), либо, что чаще, раковины имеют оба слоя, различно развитые. В соответствии с этим химический состав раковин колеблется от почти чистого CaCO₃ до различных комбинаций CaCO₃ + MgCO₃. Но, как правило, содержание MgCO₃ не идет выше 2%. Монографического очерка распространения кальцитового слоя в разных отрядах и семействах Mollusca нам неизвестно, поэтому мы выбрали для примера наиболее многочисленно представленные анализы Lamellibranchiata и нашли, что, например, виды отряда Dysodonta, судя по анализам, имеют той или иной мощности кальцитовый слой. Нам кажется, что химический состав этих раковин связан с общей архитектурой створок и замка этих раковин. Это не значит, что и среди других Mollusca нет семейств или групп с кальцитовым слоем. Арагонитовые и содержащие кальцит раковинки имеют постоянно Sr и Ba. Старые наблюдения минералогов и более новые биологов, в смысле значения Sr и Ba и др. элементов при образовании арагонита (например, для арагонитовых структур раковин Prenant), заставляют предполагать, что они сопровождают в большой мере именно арагонитовые раковины. Среди Cephalopoda, имеющих арагонитовые раковины, исключение составляет раковинка самки Argonauta, составленная из кальцита. Заметим, что раковины аммонитов и белемнитов считаются арагонитовыми, однако для некоторых были указаны явно кальцитовые структуры.

Crustacea. Косвенным путем можно показать, что створки низших раков (например, Curgis) во всяком случае содержат не фосфаты. Cirripedia строят скелеты из кальцита с малым содержанием MgCO₃. Все высшие раки содержат фосфаты, поэтому, как мы сейчас увидим, их скелеты должны быть отнесены к апатитовому ряду. Заметим прежде, что количество фосфатов относительно больше в клешнях, чем в панцире. Содержание фосфатов у разных Crustacea различно.

Таблица 9

Названия	Ca ₃ (PO ₄) ₂ в %	CaCO ₃ в %	MgCO ₃ в %
<i>Homarus americanus</i>	11.0	79.5	8.0
<i>Cancer pagurus</i>	14.0	68.8	6.2
<i>Squilla mantis</i>	47.5	52.2	–
<i>Chloridella empusa</i>	49.6	28.5	16.0

Виды Stomatopoda содержат фосфатов до 50% золью скелета, тогда как в Decapoda их содержится обычно в среднем около 12%. Нам представляется, что отношение {3Ca₃(PO₄)₂ · CaCO₃} : CaCO₃ является постоянным для определенных групп Crustacea. Эту мысль подкрепляет нахождение карбонатов (арагонита?) и апатита вместе в панцире раков. Так, например, для ныне живущего Limulus имеются наблюдения об апатитовом характере минеральной части его скелета. Ряд авторов считают, что панцири трилобитов содержали больше фосфатов. И действительно, Hudleston в ископаемом трилобите *Paradoxides Davides* нашел до 20% P₂O₅, тогда как соседняя порода фосфора содержала мало.

В итоге нашего краткого обзора примеров мы должны сказать, что все скелеты, составленные из ряда соединений, относятся к следующим главным группам:

I. Карбонатный ряд скелетов:

1. CaCO_3 (арагонит).
2. $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ (кальцит).
3. Кальцит · доломит?
4. Кальцит · магнезит?
5. И др. (ближе не изученные разности карбонатов Ca и Mg).

II. Фосфатный ряд (апатитовый) скелетов:

1. $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCO}$ [либо $\text{Ca}(\text{OH})_2$; CaO ; CaF_2 ; CaCl_2] (апатит).
2. Апатит · кальцит, арагонит и с др. карбонатами.
3. Другие фосфаты.

III. Сульфатный ряд скелетов:

1. CaSO_4 .
2. SrSO_4 .
3. BaSO_4 .

IV. Гидраты, гидроокиси, силикаты:

1. $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (опал и др. минеральные разности, коллоиды SiO_2).
2. SiO_2 – кристаллические гидраты.
3. Алюмосиликат Ca и др.
4. Гидраты и т. п. Fe, Al, Ti?

V. Фторидный.

Карбонатный ряд скелетов слагается либо из CaCO_3 (арагонита), либо из магнезиально-кальциевых карбонатов, причем здесь совершенно отчетливо обозначаются две группы кальцитовых скелетов: с малым содержанием MgCO_3 (около 2%) и с большим его содержанием (14% и выше)⁶. К первой группе принадлежат скелеты некоторых Foraminifera, вероятно кальцитовые трубки Vermes, Brachiopoda (из Articulata, кроме Crania), Mollusca, некоторые Bryozoa, Cirripedia; ко второй группе – некоторые Foraminifera, Calcareia, Alcyonaria, Echinodermata, некоторые Bryozoa и, может быть, некоторые трубки Vermes.

Нахождение арагонита (а также и кальцита) доказано и рентгеноскопически. Весьма вероятно, что при более глубоком рассмотрении так называемых магнезиально-кальциевых скелетов они окажутся составленными из смеси (в различных отношениях) кальцита с ватеритом, доломитом, магнезитом и другими разностями карбонатов Ca и Mg. В этом направлении пойдет дифференциация скелетов и в первую очередь в смысле выяснения характера составляющих тел первой и второй группы кальцитовых скелетов. Арагонит находится у Hydrocorallinae, Hexacorallia и в одном семействе Heliopora (из Octocorallia), Mollusca⁷; у других – спорно, а общее впечатление таково, что он связан с формами архитектурно более простыми, компактными. Скелеты апатитового ряда (фосфаты) встречаются преимущественно у Vertebrata, Brachiopoda и, наконец, у Crustacea. Рентгеноскопический анализ

⁶ Lithophyllum, Lithothamnium и др. водоросли из Corallinaceae.

⁷ Отолиты рыб, Суанорфусеae и др. водорослей.

костей Vertebrata показал, что никаких соединений, кроме апатита, они не содержат. Crustaceae содержат апатит и одновременно карбонаты Ca и Mg. Таким образом, мы здесь будем иметь ряд смесей из ряда апатита: карбонаты – арагонит, кальцит и др. карбонаты. Дальнейшая дифференциация этих видов по химическим признакам пойдет в этом направлении. Конечно, и характер соединения, находящегося во внешнем поле апатитовой молекулы [имеющей общую формулу $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{MX}_2$], будет иметь значение. Характер фосфатов в трубках червей пока неясен.

Из гидратов окисей (коллоидов) наибольшее распространение имеют опаловые структуры из $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. О значении степени гидратации для систематики мы уже говорили. Как известно, нахождение SiO_2 в скелетах не идет дальше Porifera, а среди растений Si концентрируется почти исключительно у Equisetaceae и Gramineae.

Из сульфатов известны скелеты BaSO_4 , SrSO_4 , а CaSO_4 самостоятельно не образует скелетов (благодаря своей относительно большой растворимости), но входит от 0 до целых процентов почти во все скелеты. Наконец, мы должны упомянуть о возможном участии в образовании скелетов Al, Ti и др.

В одном мы должны убедиться, что со времени существования биосферы, во всяком случае с раннего кембрия, все функции – апатитовая, магниезально-кальциевая, кальциевая, кремневая, железная и все другие – существовали без прерыва. Только, например, в палеозое апатитовая функция распределялась среди Brachyopoda, силурийских и девонских рыб, так называемых панцирных рыб (Placodermi), Gigantostroca, трилобитов и др.; в более позднее и в наше время эта функция в огромной мере конденсируется у Vertebrata, тогда как значение других организмов в этом отношении становится ничтожным. Несправедлив также взгляд и об отсутствии кальциевой функции в кембрии. Действительно, кальциевые скелеты, или лучше магниезально-кальциевые, у Coelenterata и других появились, может быть, позже, но ведь существовал мир бактерий, Algae, Protozoa, который эту функцию мог выполнять. Мы сейчас рассмотрели лишь минеральные части скелетов, ограничиваясь только очень немногими элементами, входящими в них. Здесь еще огромное поле работы.

V

В качестве примера, иллюстрирующего связь химического элементарного состава с систематическим положением и морфой организмов, мы использовали частичный состав скелетов. Не меньший интерес представляют данные по распределению тяжелых металлов в организмах и, в частности, в их крови. С открытием Cd (в *Pecten maximum*) все элементы изоморфного ряда: Mg, Mn, Fe, Zn, Cd, Cu, Ni, Co⁸ – входят в организмы и обычно концентрируются в одних и тех же органах (а именно hepatopancreas и др. железисто-эпителиальных органах) Mollusca, Crustaceae и др. Соотношения между этими элементами в отдельных случаях различны. Мы кратко остановимся на одном частном случае распределения лишь двух металлов – Cu и Fe – в крови морских организмов. Fe-содержащие пигменты – гемоглобин, хлорокруарин и пр. – являются гомологами и при эксперименте легко переходят друг в друга. Все они в основе имеют порфириновое строение. Порфирины широко распространены и в других тканях, как растительных, так и животных. Источником этих порфиринов является, по-видимому, универсальное тело – цитохром. И вот замечательно: находят, что эти порфирины сопровождаются не только Fe, но иногда и Cu. Например, Cu в дрожжах связана с копропорфирином; Cu в пигменте

⁸ In, по В.И. Вернадскому входящий в этот ряд, ни разу не указывался в организмах.

перьев *Melopsittacus undulatus* и др. Musofaga связана с уропорфирином (турацин) и в других подобных случаях. До сих пор считали, что и гемоцианин (Hc) является, подобно гемоглобину (Hb), содержащим тот же порфириновый комплекс. Заметим кстати, что дыхательные пигменты с Zn и Mn при ближайшем изучении оказались не имеющими никакого отношения к переносу кислорода. Однако Schmitz для гемоцианина *Ostorus* и Conant, а также Humphrey для гемоцианина *Limulus* показали, что Cu связана в них, во всяком случае, с непорфириновым комплексом. Таким образом, связь Fe- и Cu-групп дыхательных пигментов оказывается значительно более отдаленной, чем это предполагалось. Поэтому особенно сейчас интересно посмотреть, как эти пигменты распределены среди морских организмов.

Таблица 10

Класс	Пигмент	Металл	Присутствие др. металлов
Protozoa	?	Fe	
Porifera	Hb у некот. вид.	Fe	
Coelenterata	Гомологи Hb у некот. вид.	Fe	
Echinodermata	Hb у некот. вид.	Fe	V
Bryozoa	?		
Brachyopoda	?		
Vermes	Hb и др. его гомологи	Fe	
Mollusca			
Lamellibranchiata	Hc и Hb	Cu, Fe	Mn, Cd
Gasteropoda	Hc и Hb	Cu, Fe	Zn, Ni и др.
Cephalopoda	Hc	Cu	
Arthropoda			
Crustacea			
Entomostraca	Hb	Fe	
Malacostraca	Hc	Cu	Zn
Palaeostraca	Hc?	Cu?	
Arachnoidea	Hc	Cu	
Insecta	Hb (Hc?)	Fe, Cu?	
Tunicata	?		V
Vertebrata	Hb	Fe	

Мы видим, что группа гемоглобина явно преобладает. Гемоглобина (или его гомологов) не находили лишь в Tunicata, Brachyopoda, Bryozoa (в последних двух не искали). Совершенно иное с гемоцианином. Он находится лишь в двух классах Arthropoda и Mollusca, но не во всех отрядах и видах.

Для Arthropoda он несомненен для всех высших раков; низшие раки содержат гемоглобин. Для Insecta, несмотря на качественное доказательство содержания в них Cu, содержание гемоцианина не является в них доказанным. Наоборот, хорошо известен гемоглобин у Chironomidae, Вуеноа и др. Insecta. Arachnoidea, сколько сейчас известно, все имеют гемоцианин.

Среди Mollusca у Cephalopoda – исключительно гемоцианин. Lamellibranchiata в огромном большинстве имеют гемоцианин, но виды из семейств Arcidae, Astartidae, Tellinidae и др. имеют гемоглобин. Среди Gasteropoda известна только Planorbis с гемоглобином, остальные – с гемоцианином. Мы видим, с одной стороны, как на

общем гемоглобиновом фоне гемоцианин существует у небольшой группы организмов – Mollusca и Arthropoda; с другой стороны, как в эти последние гемоциановые группы вкраплены немногочисленные организмы с гемоглобином. Огромное значение этих фактов для систематики явится при изучении распространения этих пигментов среди различных организмов, например, гемоглобина среди Mollusca или гемоцианина среди Crustaceae для более широкого круга видов. В таблице 10 одновременно указаны некоторые химические элементы (Cd, Mn, V, Zn и др.), имеющие, так сказать, руководящее значение для тех или других организмов. Мы не можем останавливаться на значении этих элементов для систематики и морфологии. Оно может быть понятно из рассмотренного нами только что примера с Cu и Fe.

Выводы должны обозначиться сами собой. Никто, конечно, сейчас не решится предлагать геохимической классификации организмов или объяснять химическим элементарным составом организмов законы формообразования – слишком мало к тому данных. Но, как нам кажется, и обратно: никто не решится отрицать, что геохимическое изучение организмов (химический элементарный состав) дает в руки надежный прием к филогенетическим построениям. Систематик должен использовать химический элементарный состав организмов в своих выводах так же, как это он делает с подобными же признаками морфологическими и физиологическими. С геохимической точки зрения этот признак связывает явление жизни с историей химических элементов в земной коре. Чем больше будет количественных определений для тех или других химических элементов, составляющих живое вещество, тем глубже будут вскрываться законы распределения и сочетания атомов в организмах, законы биогенной миграции их, а также тем непосредственнее будет осуществляться связь в изучении вопросов видообразования и эволюции между науками морфологическими и науками, изучающими сравнительно химический элементарный (и молекулярный) состав организмов.

На протяжении всей геологической истории Земли живое вещество всегда встречалось с одним и тем же субстратом, с теми же химическими элементами. Что же вызывало изменение морских организмов, их эволюцию на фоне сохраняющегося в геологическом времени единообразия в химическом составе всего живого вещества? Вальтер и др. склонны объяснять эволюцию морских организмов изменением состава моря. Все, что нам известно в этом направлении, и все, что мы можем предположить, указывает на малую изменчивость основного раствора океана. Внимание привлекают микро- и ультрамикрорэлементы, во-первых, потому, что их важная физиологическая роль сейчас стала несомненной, а с другой стороны, именно их содержание количественно и качественно изменяется в широких пределах в разных группах современных организмов. Можно допустить, что, подобно этому, в течение геологической истории всемирного океана содержание этих элементов в морской воде подвергалось значительным колебаниям.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГЛУБОКОВОДНОГО КОРАЛЛА (*PRIMNOA RESEDAEFORMIS* VAR. *PACIFICA*) ИЗ ЯПОНСКОГО МОРЯ¹

Мне был передан проф. К.М. Дерюгиным образец осевого скелета коралла *Primnoa resedaeformis* var. *pacifica*, привлечший внимание своей окраской.

Он представляет собою сплошной ствол длиной около 7 см и диаметром около 0,5 см, очень твердый и с первого взгляда производит впечатление куска проволоки твердой бронзы с металлическим блеском. Еще точнее, цвет его напоминает цвет застывших на писчем пере анилиновых чернил.

Образец этот был отрезан пилой от ветки гигантского коралла, поднятого в заливе Петра Великого из Японского моря с глубины 1000–1200 м 12 июня 1932 г. проф. К.М. Дерюгиным во время его плавания на «Россинантэ» (станция 307). Он напоминает деревцо высотой в 2 м, причем ствол, т. е. осевой скелет этого коралла, имеет тот своеобразный вид, который мы только что описали. У подошвы коралла толщина осевого скелета достигает 2,5 см. Осевой скелет почти сплошь, за некоторыми исключениями, покрыт белыми колониями полипов.

Шлифы, изготовленные из нашего образца, показали, что осевой скелет имеет концентрическое строение, что также видно и непосредственно на изломе осевого скелета. Окраска, или пигмент, особенно интенсивно распределена в наружных частях и убывает (но не пропадает) к центральным частям осевого скелета, что можно видеть на рисунке 1.

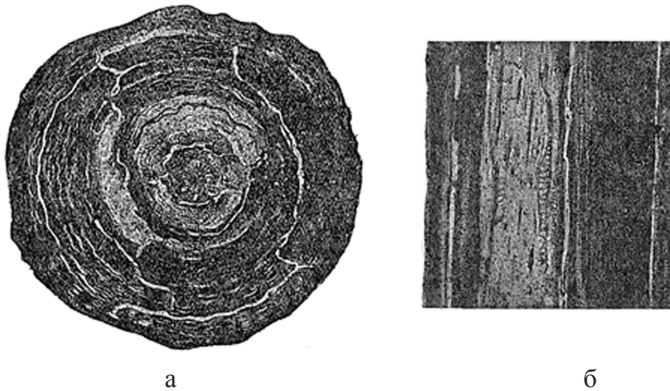


Рис. 1. а) поперечный разрез осевого скелета коралла (лин. увел. 10,4);
б) продольный разрез осевого скелета коралла (лин. увел. 10,4)

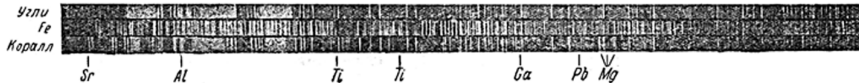
Нужно было ожидать, что основную массу коралла составляют кальцит и органическое вещество (роговое вещество *Ortosogallia*). Неясным был характер весьма замечательной окраски коралла. Первые же опыты показали, что окраска (resp. пигмент) весьма стойка.

¹ Исследования морей СССР. Под ред. К.М. Дерюгина. Л., 1935. Вып. 22. С. 54–57.

Пигмент не растворяется (не переходит) в HCl и другие кислоты. После растворения HCl минеральной части скелета (с выделением CO₂) остается коллоидное вещество, которое, будучи обработано KOH, при нагревании не растворяется, а лишь образует более дисперсный коллоидный раствор (в результате гидролиза). Окраска пигмента в таком растворе бурая и постепенно тускнеет. После гидролиза с KOH пигмент можно собрать на фильтр, если предварительно нейтрализовать раствор. Полученный таким образом пигмент – черно-бурого цвета.

Пигмент (ни полученный после обработки с HCl и KOH, ни непосредственно при обработке коралла) не растворяется в обычных органических растворителях – спирте, эфире, бензоле, хлороформе. Органическое вещество коралла дает после растворения в KOH реакцию на белок, а при сжигании распространяет запах жженого рога.

Из этих данных можно было сделать заключение, что окраска коралла обязана пигменту, соединенному с белковым веществом (так называемым роговым веществом *Octocorallia*). Подобные пигменты часто называют меланинами. Металлический блеск осевого скелета коралла очевидно обусловлен физическими причинами, своеобразным распределением этого содержащего пигмент органического вещества среди скелетных элементов минеральной части коралла.



Линии отдельных химических элементов отмечены соответствующими символами

Дальнейший анализ показал, что коралл содержит:

	H ₂ O	4,71%
I. Потеря от прокаливания – 59,79%	CO ₂	30,77%
	орг. веш. (по разности)	24,31%
II. Остаток от прокаливания (зола) – 40,21%		

Зола чистого белого цвета и состоит, как это видно из следующей таблицы, главным образом из CaO.

Золы		40,21			
	CaO	35,70		Na ₂ O	
	MgO	3,16		K ₂ O	
	SO ₃	0,60		Cl	0,30 следы (0,21)
	P ₂ O ₅	0,15		SiO ₂	
	Fe ₂ O ₃	0,09		Al ₂ O ₃	

Спектральный анализ золы коралла, произведенный в Биогеохимической лаборатории Академии наук Т.Ф. Боровик-Романовой, показал присутствие, помимо этих химических элементов, еще Sr, Ti, Pb и Ga в малых количествах.

Несколько слов по поводу содержания этих элементов в нашем коралле. Нахождение Sr (а также и Ba) не представляет какого-либо исключения. Из большого опыта Биогеохимической лаборатории Академии наук нам известно, что Sr (и Ba) постоянно встречается во всех морских организмах и особенно в скелетных частях

Invertebrata, содержащих щелочные земли, главным образом CaCO_3 . В настоящее время мы заняты выяснением вопроса, в скелетах каких *Invertebrata* концентрируется Sr и в каких встречается следами. Этот и другие аналогичные вопросы, касающиеся сравнительного химического изучения организмов, поставлены и освещены в нашей сводке по химическому элементарному составу морских организмов, к которой мы и отсылаем² интересующихся читателей.

Что касается Ti, то его мы неоднократно обнаруживали в относительно высоких количествах в некоторых известковых организмах (например, *Lithothamnium*); таким образом, нахождение его в коралле пополняет наши наблюдения в этом направлении.

Следы Pb, вероятно, присутствуют тоже в скелете в виде PbCO_3 .

Наконец, о Ga. Как теперь выясняется, он широко распространен в природе³. Обнаружение Ga в коралле было облегчено еще тем обстоятельством, что при съемке спектрограммы пользовались методикой, разработанной проф. С.А. Боровиком в его работе по количественному определению Ga в породах. Выше, на рисунке 2, приведены спектрограммы золы коралла, железа (линии спектра которого служат для сравнения) и углей (служившие полюсами дуги, в которой снят спектр).

Пересчет на минеральный остаток коралла показал, что он состоит главным образом из CaCO_3 и значительных количеств MgCO_3 .

CaCO_3	88,83%
MgCO_3	9,29%
CaSO_4	1,43%
$\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$	0,45%
	100%

Все исследованные *Octocorallia* имеют, как известно, минеральный скелет, содержащий, помимо CaCO_3 , значительные количества MgCO_3 (в отличие от *Hexacorallia*, а также и сем. *Hydrocorallinae*, содержащие CaCO_3 со следами MgCO_3). Наш коралл не представляет исключения.

Количество MgCO_3 в минеральной части скелета *Octocorallia*, как впервые было указано А. Clarke и особенно Ф. Clarke, находится в зависимости от условий местобитания данного вида, прежде всего от температурного режима. Наш коралл был встречен в слое воды моря с $t^\circ +0,25^\circ$. Весь известный материал в этом смысле позволяет с полным убеждением считать, что количество MgCO в скелете *Octocorallia* есть функция температуры места. *Octocorallia* высоких широт содержат относительно мало MgCO_3 , а именно 5–10%; *Octocorallia* низких широт – тропиков – содержат его максимальное количество, достигающее иногда 35%. Наш анализ подтверждает это правило и пополняет наблюдения в этом направлении.

Остается пожелать, чтобы со стороны зоологов было обращено внимание на подтвердившуюся связь между широтным распространением *Octocorallia* (как и других некоторых *Invertebrata*) и содержанием в их скелете MgCO_3 . В частности, необходимо выяснить те общие черты изменений в организации *Invertebrata* (*Octocorallia*), которые появляются по мере того, как обитание отдельных видов передвигается от полюса к экватору.

² Виноградов А.П. Химический элементарный состав организмов моря // Труды Биогеохим. лаб. АН. Т. III. 1934.

³ V.M. Goldschmidt.

**Der chemische bestand der tiefseekoralle
(*Primnoa resedaeformis* v. *Pacifica*)
aus Dem japanischen meere**

A.P. Winogradow

Zusammenfassung

1. Die Färbung des Axenskeletts der Koralle aus den Gorgonidae (Japanisches Meer), die einen metallenen Glanz besitzt, wird durch physische Eigenschaften des Körperbaues der Koralle hervorgerufen, deren Körper ein schwarz – schwarzbraunes Pigment enthält, welches mit dem Eiweiss (Horn) der Korallensubstanz verbunden ist.

2. Der Mineralteil der Koralle besteht hauptsächlich aus CaCO_3 und MgCO_3 und enthält Spuren von anderen chemischen Elementen, darunter Al, Sr, Ti, Pb, Ga u. a.

3. MgCO_3 ist verhältnismässig in kleinen Mengen vertreten (9.29% in anorgan. Teilen) was der Regel entspricht, nach welcher Octocorallia, die hohe Breiten mit niedriger T° des Meerwassers bewohnen, minimale Mengen von MgCO_3 enthalten im Gegensatz zu seinem ziemlich hohen Gehalt in Warmwasserformen.

Biogeochemisches Laboratorium der Akademie der Wissenschaften der UdSSR.

Dezember, 1933

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МОРСКОГО ПЛАНКТОНА¹

1. Введение

Значение планктона в жизни моря огромно. С морфологической стороны планктон изучается давно, поэтому в этом направлении планктология располагает большим материалом².

В настоящей статье мы хотели бы привлечь внимание к вопросу о химическом составе планктона и именно морского планктона. С этой стороны планктон систематически почти не изучался, что отчасти может быть объяснено сложностью регулярного получения планктона в определенное время и из определенного места, требующего значительной затраты средств. Между тем систематическое изучение химического состава планктона смогло бы дать исключительный по своему значению материал для разрешения целого ряда океанографических вопросов, как теоретических, так и практических. Достаточно напомнить, что огромные пространства дна океанов и морей покрыты скелетными остатками планктонных организмов: фораминифер, радиолярий, диатомей и других. О составе названных скелетных остатков мы судим лишь по породам, ими образованным, о составе же этих живых организмов мы почти ничего не знаем. Образование осадков дна, наконец, аккумуляция ими отдельных химических элементов, имеющие большое геохимическое значение, станут вполне понятным только тогда, когда мы будем знать состав морских организмов и, в частности, состав морского планктона³.

Точно также находится в зависимости от развития планктонных организмов и гидрохимическая картина моря. Планктон нарушает гидрохимический режим в зоне своего распространения, который мог бы при иных условиях стать более стационарным. Напомним для примера ныне широко известный факт: резкое снижение и даже исчезновение фосфатов, нитратов и т. п. в слоях морской воды, где имеет место развитие планктона, и восстановление равновесия постепенным приносом этих конститuentов из более глубоких слоев воды, лежащих вне зоны развития планктона.

Аналогичные примеры влияния планктона на состав морской воды могут быть умножены.

Полнота гидрохимической картины моря может быть получена лишь при параллельном изучении химического состава планктона и гидрохимии моря. Только тогда выяснится влияние тех или иных физико-химических факторов на появление и развитие того или иного вида планктона, и обратно: изменение этих факторов в связи с тем или иным характером планктона. Нужно ожидать, что подобное систематическое и сезонное изучение химии планктона на фоне гидрохимии позволит разобраться в закономерностях, обуславливающих появление во времени одних

¹ Работы по биологии и химии морских организмов. М., 1938. С. 97–112. (Тр. ВНИРО; Т. 7).

² См., например, работы Никольса (Nicholls [29]), Маршалла (Marshall [25]) и В. А. Яшнова [9] по биологии *Calanus finmarchicus*, которая за последние годы подробно изучается. По биологии планктона Баренцова моря см. также работы В. Г. Богорова [12] и В. А. Яшнова [8].

³ О составе морских организмов см. нашу работу о химическом элементарном составе морских организмов [5].

форм и исчезновение других форм планктона, и в закономерностях перемежающегося междувидового равновесия в планктоне. Ниже мы увидим, что химический состав отдельных планктонных организмов различен.

Вопросы продуктивности планктона, имеющие решающее значение в рыбном хозяйстве, получили бы в таком случае надлежащую основу.

Нижеприведенные данные по химическому составу планктона мы рассматриваем как первую попытку приблизиться к реальной постановке этой большой задачи.

II. Состояние вопроса о химическом составе морского планктона

Начало исследования химического состава планктона было положено в 1880-х гг. В. Генсеном (V. Hensen [19]). В связи с вопросом продуктивности данные по содержанию белков, жиров и т. п. в планктонных формах вскоре приобрели практическое значение, особенно в озерных и прудовых рыбных хозяйствах. Это вызвало, в свою очередь, появление новых исследований в этом направлении. Данные по содержанию азота (белков), жиров, золы, сухого остатка планктонных организмов, почти исключительно относящихся к пресноводным формам, можно найти у Кнауте (Knauth [21]), Апштейна (Apstein [11]), Волка (Volk [32]), Турнера (Turner [31]), Уиппла и Джаксона (Whipple and Jackson [34]), Гамса и Ричардса (Huams and Richards [20]), Моранского (Moranski [28]), а в последнее время у Генга (Geng [18]).

У нас в свое время подобные исследования были поставлены на Никольском рыбободном заводе Лебединцевым [7] и другими.

Генсен провел первые исследования на морских организмах – диатомовых, радиообразных и других, ограничившись, однако, определением в них только сухого остатка и золы. Прямым продолжением и развитием этих работ по существу являются работы, произведенные в Кильской бухте (Германия) вначале Брандтом (Brandt [14]), а затем и его сотрудниками – Рабеном (Raben [15]), Дельфом (Delff [17]), а также Мейером (Meuer [26]). Эти исследования, вместе составляющие нечто общее, в основном направлены на изучение химического состава морского планктона (а также бентоса) в разное время года, разного возраста и т. д.

Брандт первый привел анализы для 13 образцов морского планктона, главным образом для диатомового или смешанного, на углерод, золу, кремнекислоту и хлор. В следующей работе с Рабеном и Штиером, Брандт исследовал 13 образцов планктона на содержание белков, жиров, хитина, фосфора, кальция и железа. Аналогичные данные находим у Мейера и Дельфа для бентосных организмов.

Таким образом, на биостанции в Кильской бухте велись более или менее систематические исследования в интересующем нас направлении. Другим местом работ по изучению химии планктона, правда, на пресных озерах (Mendota, Monona, Waubesa) является лаборатория Висконсинского университета в США, где ведут и ныне работу Бердж и Джедей (Birge and Juday [12]). К некоторым их данным мы еще вернемся ниже при сравнении состава отдельных видов планктона. В настоящее время морской планктон изучается в интересующем нас направлении еще в лаборатории института Скрипса в La Jolla (Калифорния) Мобергом (Moberg [27]), давшим определения жиров, сухого остатка и золы для планктона берегов Калифорнии в июне – мае и октябре – феврале (уменьшение органического вещества и увеличение золы к осени).

Ваксман (Waksman [33]) с сотрудниками нашел в зоопланктоне из Buzzard's Bay (состоящем из Copepoda – *Centropages hamatus* и *Centropages typicus*, а также со-

держателем еще и других рачков, *Sagitta* и яйца рыб) 7,88% золы; 10,1% жиров; 5,8% хитина и 55,7% белков (на свободное от растворимых солей сухое вещество).

Из других работ по химии планктона отметим еще работы Крога (Kroggh [23]) с сотрудниками, которые дали определения азота, жиров, углеводов и фитопланктона из Schlossee в связи с развитием *Cladocera*. Клосс и Лунде (Closs [16] and Lunde [24]) (Oslo-fiord, Норвежское море) определили иод в некоторых планктонных организмах; Бойсен-Иенсен (Boysen-Jensen [13]) дал определение углерода в *Peridineae*. Более ранние данные для морского планктона были получены еще Андерсоном (Anderson [10]) для диатомовых (Si, Al, зола) и Сальковером (Salkover [30]) для планктонных ракообразных *Temora longicornis* и *Thysanoessa inermis*.

Наиболее полный анализ, относящийся к пресноводному планктону, состоящему главным образом из ракообразных, в свое время был дан нами [5].

Из этого сжатого очерка становится очевидной недостаточность наших знаний о химическом составе планктона, морфологически столь разнообразного.

III. Материал и его сбор

Сбор материала производился во время некоторых рейсов экспедиционных судов Государственного океанографического института в 1930–1932 гг. Все сборы дали образцы планктона, состоявшего либо исключительно из *Calanus finmarchicus*, либо главным образом из *Calanus finmarchicus* и других планктонных организмов. Ниже приводятся морфологические определения. В 1930 г. были сделаны первые попытки собрать планктон в количествах, необходимых для анализа, что и удалось во время 25-го рейса на э/с «Персей», а затем сборы были повторены. Планктон, выловленный при помощи малькового трала или Brutnetz и тому подобными орудиями лова, переносился тотчас же частями на кусок Мюллеровского газа (30 × 30 см), который затем собирался в узелок так, чтобы не создавалось никакого давления на планктон, и обсушивался снизу кусочками фильтровальной бумаги. После этого планктон переносился роговым шпателем или ложкой в тарированную банку, взвешивался, фиксировался формалином до 4% его содержания и в таком виде доставлялся в лабораторию для анализа. О количествах *Calanus finmarchicus*, с которыми встречались в море при его сборах, может дать представление, например, сбор на станции 1479, когда чистый *Calanus finmarchicus* в количестве 1007 г свежего веса был получен в течение 1 часа. В таблице 1 мы приводим данные об условиях и результатах сбора.

В сборах 25-го рейса «Персея» участвовал сотрудник Биогеохимической лаборатории Академии наук СССР Н.С. Смирнов. В том же году Г.Г. Бергман – научная сотрудница той же лаборатории участвовала в сборах э/с «Н. Книпович» 1.

В 1931 г. Н.А. Смирновым производился сбор планктона в Мотовском заливе. В 1932 г. под руководством В.А. Яшнова научный сотрудник Государственного океанографического института (ГОИН) Л.А. Чайнова собрала планктон в течение июня – июля с четырех станций Кандалакшского залива Белого моря.

Ниже (табл. 2) приводим данные, любезно предоставленные В.А. Яшновым, о морфологическом составе этих проб и веса отдельных представителей, найденные им для одного грамма сырого планктона.

Таблица 1
Table 1
Условия и результаты сбора планктона
Conditions and results of plankton sampling

№ п/п	Состав планктона Composition of the plankton	Место сбора Locality of sampling	Время сбора Date of sampling	Орудия и продолжительность лова Plankton samplers and duration of sampling	Вес свежего планктона в г Weight of fresh plankton in g
1.	<i>Calanus finmarchicus</i>	Мотовский залив Motovskij Bay	1930	Планктонные сетки Plankton net	891,0
2.	<i>Calanus finmarchicus</i>	Баренцovo м. Ст. 1474 Barents Sea. St. 1474	28/VII 1930	Мальковый трал; 30 мин Fry trawl; 30 min	165,20
3.	»	» » Ст. 1475 » » St. 1475	28/VII 1930	Мальковый трал; 30 мин Fry trawl; 30 min	233,70
4.	исключ. чист. <i>Only pure Calanus</i>	» » Ст. 1479 » » St. 1479	29/VII 1930	Мальковый трал; 30 мин Fry trawl; 30 min	1007,70
5.	»	» » Ст. 1481 » » St. 1481	20/VII 1930	2 лова по 30 мин Two hauls by 30 min	около 500 about 500
6.	»	Мотовский залив Motovskij Bay	1931	30 мин 30 min	631,0
7.	<i>Calanus finmarchicus</i> исключ. чист. <i>Only pure (Calanus)</i>	Кандалакшский залив у входа в Княжую губу, ст. 92 Kandalaksha Gulf off the entering of Knjazhaja Bay, st. 92	6/VII 1932	Газ № 38; 6 мин Gaz № 38; 6 min	10,99
8.	<i>Calanus finmarchicus</i>	Там же (район Педунихи), ст. 96 The same place (Pedunikha district), st. 96	8/VII 1932	Газ № 38; 5 ловов Gaz № 38; 5 hauls	15,93
9.	»	Там же (у Карельского берега), ст. 97 The same place (off Karelskij coast), st. 97	8-9/VII 1932	» »	23,18
10.	<i>Calanus finmarchicus</i>	Там же (Палкина губа), ст. 126 The same place (Palkina Bay), st. 126	17/VII 1932	Газ № 38; 5 ловов	8,84

Таблица 1 (окончание)

№ п/п	Состав планктона Composition of the plankton	Место сбора Locality of sampling	Время сбора Date of sampling	Орудия и продолжительность лова Plankton samplers and duration of sampling	Вес свежего планктона в г Weight of fresh plankton in g
11.	»	Баренцево море Barents Sea	Сентябрь Октябрь 1932 September October 1932	Gaz № 38; 5 hauls	41,84
12.	Диатомовый планктон. Diatomae phytoplankton	Полярная гавань Polarnaja Harbour	24/VII – 9/VIII 1929		Около 45 About 45

Таблица 2
Table 2
Планктон Кандалакшского залива
Plankton of the Kandalaksha gulf

№ пробы No. of sample	Состав планктона Composition of the plankton	Стадия Stage	Число экз. Number of specimens	Вес в мг Weight in mg	Примечание Notes
7	<i>Calanus finmarchicus</i>	III	262	} 970	97% по весу 97% by weight
	» »	IV	1274		
	» »	V	1		
	» »	ad.	1	} 4	
	<i>Metridia longa</i>	IV	2		
	» »	V	2		
	» »	ad.	2	} 1	
	<i>Pseudocalanus elongatus</i>	V	12		
	»»	ad.	1	} 1	
	<i>Centropages hamatus</i>	ad.	3		
<i>Evadne</i>	–	1	} 1		
<i>Mysis stad.</i>	–	1			
	<i>Hydromedusae (Obelia)</i>	–	64	10	
	<i>Sagitta</i>	–	0,5	13	
8	<i>Calanus finmarchicus</i>	III	98	} 355	53% по весу 53% by weight
	» »	IV	225		
	» »	V	24		

Таблица 2 (продолжение)

№ пробы No. of sample	Состав планктона Composition of the plankton	Стадия Stage	Число экз. Number of specimens	Вес в мг Weight in mg	Примечание Notes
	» »	ad.	16		
	<i>Pseudocalanus elongatus</i>	V	61	} 10	
	»»	ad.	21		
	<i>Metridia longa</i>	IV	40	} 150	
		V	102		
		ad.	70		
	Другие Copepoda	–	38	15	
	<i>Mysis</i> sp.		3	7	
	Amphipoda	–	6,5	147	
	Hydromedusae	–	8	66	В том числе
	<i>Sagitta</i>	–	18	100	4 крупных
	Appendicularia	–	90	150	Among them
	Infusoria	–	2	} <1	4 big specimens
	Larvae Mollusca	–	1		
	Larvae Vermes	–			
10	<i>Calanus finmarchicus</i>	III	330	890	89% по весу
	» »	IV	969		89% of weight
	<i>Mysis stad.</i>	–	2	1	В том числе
	Hydromedusae		39	45	Obelia 37 экз.
	<i>Sagitta</i>	–	60	50	37 specimens of Obelia
	<i>Clione</i>	–	1/8	14	included
	Larvae Mollusca	–	(2)	1	В том числе 2 крупных
					и 58 мелких
					2 big and 58 small
					specimens included
10	<i>Calanus finmarchicus</i>	III	8	60	Общий вес Copepoda в
	» »	IV	98		пробе – 75%
	» »	V	5		Total weight of Copepoda
	» »	ad.	4		75% of sample
	<i>Metridia longa</i>	III	1	240	
	» »	IV	12		
	» »	V	110		
	» »	ad.	350		
	<i>Pseudocalanus elongatus</i>	III	580	330	
	» »	IV	380		
	» »	V	1352		
	» »	ad.	1190		

Таблица 2 (окончание)

№ пробы No. of sample	Состав планктона Composition of the plankton	Стадия Stage	Число экз. Number of specimens	Вес в мг Weight in mg	Примечание Notes
	Другие Copepoda	—	235	120	
	Amphipoda	—	2,5	35	
	Medusae	—	2	35	
	<i>Sagitta</i>	—	6,5	180	
	<i>Mysis st.</i>	—	(1)		
	Larvae Vermes	—	(14)		
	<i>Cladocera</i>	—	(9)	1	

Наконец, мы должны сказать о неоднократных попытках, которые делались нами для получения морского фитопланктона, но каждый раз почти безрезультатно. Лишь в июле – августе 1929 г. удалось собрать в Полярной гавани при помощи планктонной сетки (Мюллеровский газ № 23) всего около 45 г свежего вещества диатомового планктона, состоявшего из *Skeletonema*, *Thalassiotrix* и разных *Chaetoceros*.

IV. Методы химического анализа

Определение потери при высушивании (H_2O) производилось вначале путем нагревания планктона в фарфоровой чашке на водяной бане, а затем в термостате при $100^\circ C$. Определение воды дает обычно ошибку $\pm 2\%$.

Определение остатка от прокаливания (зола). При сжигании организмов, а затем при прокаливании образующейся золы происходят потери серы (белков), фосфора, щелочей и др. Поэтому на так называемую золу следует смотреть как на условную величину, имеющую сравнительное значение. В зависимости от температуры получения вес ее колеблется. Мы производили сжигание и прокаливание в фарфоровых тиглях на одной газовой горелке при температуре не свыше $500^\circ C$. Все определения произведены одновременно.

Определение азота (и белка). Азот определялся по Кьельдалю. После вычета из общего азота азота хитина (см. ниже) полученный азот белка умножался на 6,25. Мы приняли этот коэффициент пересчета для белков как более широко принятый (у американских, английских и других авторов, а не 6,41, принятый главным образом у немцев). Последний коэффициент получается из формулы белка, в которой упущена сера, поэтому коэффициент высок.

Определение хитина. Мы придерживались метода, предложенного Брахом (Brach). Сухое вещество планктона кипятилось дважды по 1 часу с 15% КОН для гидролиза белков и, наконец, нагревалось вновь в течение нескольких часов с 15% КОН на водяной бане. После этого щелочь отмывалась водой, осадок промывался последовательно разбавленной соляной кислотой, водой, спиртом и эфиром на гучевском тигле, сушился при $100^\circ C$ и взвешивался. Таким образом, полученный хитин содержал все же около 1% золы, которая определялась по сжиганию хитина. Вес золы вычитался из веса полученного хитина. Азот хитина принимался равным 6,01% (по формуле $C_9H_{15}NO_6$).

Определение эфирного экстракта (жира) производилось в аппарате Сокслета.

Определение калорийности произведено, как обычно, в калориметрической бомбе. Повторные определения для одного и того же образца планктона колебались в пределах 1%.

Определение щелочей. Зола для определения щелочей получалась осторожным обугливанием в кварцевом тигле. Полученный уголь переводился в раствор с соляной кислотой, нагревался и фильтровался. Фильтр с углем сжигался вновь в кварце до золы и переносился в фильтрат. Фосфаты осаждались в кварцевом стакане путем добавления Fe и NH₃ при нагревании. Осадок отфильтровывался, фильтрат выпаривался в платиновой чашке досуха и осторожно прокаливались аммонийные соли. Осадок растворялся и осаждались сульфаты. Сернокислый барий отфильтровывался. Фильтрат доводился до объема 20 см³. 1 см³ этого раствора шел на определение натрия по методу с уранил-цинк-ацетатом, а остальное количество шло на определение калия по кобальт-нитритному методу⁴.

Определение Ca, Mg и Si производилось обычным путем. По удалении SiO₂ железо и фосфаты удалялись по ацетатному методу двойным осаждением. Ca определялся в виде CaO, а Mg – как Mg₂P₂O₇.

Определение железа и марганца производилось в отдельных навесках. Железо определялось колориметрически в виде роданата, извлеченного амиловым алкголем – по методу, детально разработанному в Биогеохимической лаборатории Академии наук [6].

Марганец определялся колориметрически после окисления до перманганата персульфатом. Хлориды предварительно были удалены.

Определение фосфора, серы и хлора. Навески для фосфора и серы сжигались в азотной кислоте удельного веса 1,56 в кьельдалевских колбах. Раствор вываривался в чашке досуха и нейтрализовался содой. Остаток переводился в никелевый тигель и сплавлялся со смесью Na₂CO₃ + Na₂O₂. В дальнейшем фосфор определялся, как обычно, по Вою (Mg₂P₂O₇), а сера – в виде сернокислого бария. Двойное окисление необходимо вследствие наблюдающихся потерь серы при неполном ее окислении.

Навеска планктона для определения хлора окислялась в азотной кислоте, свободной от хлора, в течение нескольких часов на водяной бане; после введения титрованного раствора азотнокислого серебра она окончательно окислялась прибавлением хамелеона. В дальнейшем определение шло по Фольгарду.

Определение иода и брома. Окисление навески для иода производилось по Глимму.

Раствор, содержащий I⁻, окислялся бромной водою в JO₃ и титровался, как это у нас подробно описано [5]. Бром определялся по методу Бернхардта и Укко.

V. Полученные данные

Для анализа были выбраны пробы № 1, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 и 12, причем пробы № 1 и 4, а также отчасти № 6 были подвергнуты более детальному химическому анализу.

Проба № 1. *Calanus finmarchicus* (Мотовский залив). Углерод был определен в образце планктона, собранном специально для этой цели и состоявшем из *Calanus finmarchicus*. Определение производилось тотчас же после лова, без предварительной фиксации, в лаборатории Мурманской биостанции ГОИН'а – Г.Г. Бергман. Анализ был сделан по Либиху (с восстановительной медной спиралью и серебряной сеткой).

⁴ Подробно об уранил-цинк-ацетатном и кобальт-нитритном методах см. Х. Г. Виноградова-Томашевская [6].

Навеска – 0,6898 г; CO ₂ = 0,1544 г, или 6,09% С в живом веществе	45,86% С
* Навеска – 0,5610 г; CO ₂ = 0,1215 г, или 5,90% С в живом веществе	в сухом веществе

Водорода оказалось соответственно 10,26% в живом веществе, или 7,71% (за вычетом воды) на сухое вещество.

Сухой остаток планктона = 13,30% (среднее из ряда определений).

Потеря при высушивании = 86,7% (H₂O).

Остаток от прокаливания в среднем = 14,04%.

Общий азот = 10,21% азота в сухом веществе.

Чистого хитина из навески в 1,0 г получено 0,0372 г, что даст 3,72% на сухое вещество, откуда найден азот хитина = 0,22%.

Белок: азот белка = 10,21 – 0,22 = 9,99%, откуда белка: $9,99 \times 6,25 = 62,56\%$ на сухое вещество планктона.

Эфирный экстракт (жир) найден из навески в 10 г = 19,30% на сухое вещество планктона. Калорийность = 5742 калории на сухое вещество планктона.

Содержание остальных элементов видно из следующих данных.

Название элемента	Содержание в % на сух. вещество	Название элемента	Содержание в % на сух. вещество
Ca	0,314	Mn	$n \cdot 10^{-4}$
Mg	0,227	S	1,058
K	2,18	Cl	7,96
Na	4,13	Si	0,053
P	0,99	Br	0,07
Fe	0,558	J	0,0016

Проба № 4. *Calanus finmarchicus* (Баренцово море, станция 1479).

Сухой остаток = 15,20%, откуда содержание воды = 84,80%.

Остаток от прокаливания = 14,64%.

Общий азот = 9,98% на сухое вещество.

Содержание чистого хитина в навеске в 1 г = 0,0348 г, или 3,48% на сухое вещество, откуда азот хитина = 0,21%.

Белки: азот белка = 9,98 – 0,21 = 9,77%, откуда белка $9,77 \times 6,25 = 61,00\%$ на сухое вещество.

Эфирный экстракт (жир) в среднем = 21,5% на сухое вещество.

Содержание остальных элементов характеризуется приведенными ниже данными.

Название элемента	Содержание в % на сух. вещество	Название элемента	Содержание в % на сух. вещество
Ca	0,212	S	1,009
Mg	0,158	Cl	7,77
K	4,32	Si	0,103
P	0,98	Br	0,07
Fe	0,084	J	0,0058
Mn	$n \cdot 10^{-4}$		

Калорийность этой пробы не определялась.

Проба № 6. *Calanus finmarchicus* (Мотовский залив).

Сухой остаток = 14,30%, откуда содержание воды = 85,7%.

Остаток от прокаливания = 16,1% на сухое вещество.

Общий азот = 10,48% на сухое вещество.

Азот хитина = 0,18% на сухое вещество.

Белки: азот белка = $10,48 - 0,18 = 10,30\%$, откуда белка $10,30 \times 6,25 = 64,38\%$ на сухое вещество.

Эфирный экстракт (жир) = 14,80% на сухое вещество; калорийность = 5339 калорий на сухое вещество. Содержание остальных элементов представлено ниже.

Название элемента	Содержание в % на сух. вещество	Название элемента	Содержание в % на сух. вещество
Ca	0,770	S	1,137
Mg	0,044	Cl	7,48
P	1,09		

Химический состав (в процентах на сухое вещество) всех проб сведен в таблицу 3.

В пробе № 12 были определены также следующие элементы:

Название элемента	Содержание в % на сух. вещество
Si	10,78 ⁵
J	0,003
Fe	0,57
Mn	0,003

Спектроскопическое исследование золы зоопланктона показало наличие в ней титана, стронция и бария.

⁵ Или 45,73% Si в золе.

Таблица 3
Table 3
Химический состав планктона (в % на сухое вещество)
Chemical composition of the plankton (in percents per dry substance)

№№ проб. No. of samples	Место сбора Locality of sampling	С	Н	Зола Ashes	Р	N	Хитин Chitin	Азот Nitrogen			Белок (N. 6,25) Albumen	Жир Fat	Калорийность Calories
								хитина of chitin	белка of protein				
1	Мотовский залив Motovskij Bay	45,86	10,26	14,04	0,99	10,2	3,72	0,22	9,99	62,56	19,30	5742	
4	Баренцово море Barents Sea	—	—	14,64	0,98	9,98	3,48	0,21	9,70	61,00	21,50	—	
6	Мотовский залив Motovskij Bay	—	—	16,10	1,09	10,48	2,99	0,18	10,30	64,38	14,80	5339	
7	Белое море, Канда- лакский залив White Sea, Kandalaksha Gulf	—	—	10,50	1,15	10,77	4,78	0,29	10,48	65,50	18,30	5533	
8	» » »	—	—	10,98	1,03	8,93	3,93	0,23	8,70	54,3	31,00	6480	
9	» » »	—	—	11,60	1,22	10,40	4,17	0,25	10,15	63,43	20,21	6280	
10	» » »	—	—	8,06	0,99	9,57	4,04	0,24	9,33	58,40	—	—	
11	Баренцово море Barents Sea	—	—	20,72	—	—	3,77	0,23	—	—	—	5548	
12	Кольский залив Kola fjord	—	—	50,45	0,54	3,33	—	—	—	—	—	—	

VI. Обсуждение полученных данных

Обратимся сначала к содержанию органического вещества в нашем планктоне. Содержание азота (табл. 3) довольно постоянно и колебалось от 8,93 до 10,77% на сухое вещество. Содержание хитина колебалось от 3,00 до 4,78% на сухое вещество и как будто было выше в тех случаях, когда имелся планктон, состоящий почти исключительно из *Calanus'a* (пробы № 7 и 9). Возможно, что количество хитина находится в зависимости от возрастных стадий *Calanus'a*. В этом направлении следует поставить наблюдения. Азот хитина составляет небольшую часть. Содержание белков (*resp.* азот) уменьшается с увеличением жира. Содержание же последнего имеет значительный размах. Планктон из Кандалакшского залива в целом богаче жиром, чем планктон из Мотовского залива и Баренцова моря. Нужно иметь в виду, что планктон собирался в разные годы. Систематические наблюдения должны проверить, насколько это явление носит постоянный характер. В связи с повышением содержания жира в указанном планктоне, как и следовало ожидать, увеличилась калорийность в среднем с 5500 до 6000–6500 калорий. Небезынтересно сравнить калорийность планктона из *Calanus* с калорийностью других планктонных организмов [18].

Содержание золы (остатка от прокаливания) выше для планктона, собранного в Мотовском заливе и в открытых частях Баренцова моря, чем для планктона, собранного в Кандалакшском заливе (табл. 3).

Это объясняется тем, что при сборе планктона мы не можем совершенно освободиться от солей морской воды, поэтому в планктоне открытого моря, где соленость = 34‰, золы больше, чем для опресненных районов Кандалакшского залива, где соленость понижается до 18‰.

Из данных по хлору в планктоне можно примерно подсчитать, что содержание NaCl в золе достигает иногда 75%. Однако пересчеты, которые часто делаются на сухой остаток без хлористого натрия (“Seesalzfreien” немецких авторов) путем вычета NaCl, найденного по общему хлору, ошибочны или в лучшем случае условны, поскольку хлористый натрий заключается не только в морской воде, но и в самих планктонных организмах. Поэтому для подобных пересчетов следовало бы пользоваться соленостью, найденной одновременно при сборе планктона. Еще лучше пытаться найти метод сбора морского планктона, свободного от морской воды (среды), либо научиться учитывать ее количество, захваченное с планктоном. Пока, однако, нельзя предложить простого и годного в экспедиционных условиях приема для массовых определений.

Содержание углерода, водорода и азота в *Calanus* и в других планктонных ракообразных довольно близко и характерно⁶ (таб. 4).

⁶ В пресноводных Copepoda содержание углерода по Брандту равно 45,18%; в планктоне, состоящем главным образом из Copepoda, содержится 43,11% углерода; о содержании азота см. у Берга Джедай [12].

Таблица 4
Table 4
Состав морских Copepoda (в % на сухое вещество)
Composition of marine Copepoda (in percents per dry substance)

Название организма Name of organisms	Число анализов Number of analyses	C	H	N	Место сбора Locality sampling	Автор Author
<i>Calanus finmarchicus</i>	2	45,86	7,71	10,20	Баренцево и Белое море Barents and White Sea	А.П. Виноградов A.P. Vinogradov
»	1				Балтийское море Baltic Sea	Brandt, Raben
<i>Anomalocera</i>	1	47,71	7,71	10,14	Немецкое море North Sea	Brandt
Copepoda (<i>Temora</i>) и др.	1	42,99	6,79	10,61 9,18		
Среднее Average	5	45,52	7,22	10,03		

Данные разных авторов, как видно из таблицы 5, хорошо согласуются. Для сравнения позволим привести состав некоторых других планктонных организмов (планктонов), например, Peridineae, широко представленных и в наших морях (табл. 5).

Таблица 5
Table 5
Состав морских Peridineae (в % на сухое вещество)
Composition of marine Peridineae (in % per dry substance)

Название организма Name of organisms	Число анализов Number of analyses	C	H	N	Место сбора Locality sampling	Автор Author
Peridineae	4	39,21	6,0	3,08	Кильская бухта Kiel Bay	Brandt
»	1	22,00	–	–	Svendborgsund	Boysen-Jensen
»	7	33,17	5,13	7,19	Немецкое море North Sea	Brandt, Raben, Stiehr
<i>Ceratium</i>	1	32,48	5,21	4,81	»	Meyer
Среднее Average	13	32,71	5,45	5,03	»	

Содержание углерода заметно меньше, равно как и азота. К сожалению, о содержании других химических элементов в Peridineae почти ничего не известно.

Наконец, если мы обратимся к диатомовому планктону, отличающемуся исключительным содержанием SiO₂ (иногда его в золе до 75%), то органический состав его еще более отличается от состава двух названных планктонов (табл. 6).

Таблица 6
Table 6
Состав морских Diatomeae (% на сухое вещество)
Composition of marine Diatomeae (in % per dry substance)

Название организма Name of organisms	Число анализов Number of analyses	C	H	N	Место сбора Locality sampling	Автор Author
<i>Chaetoceras</i> , <i>Rhizosolenia</i> , <i>Coscinodiscus</i>	2	18,08	3,23	2,10	Кильская бухта Kiel Bay	Brandt
<i>Chaetoceras</i>	3	11,00	–	–	Зунд Sund	Boysen-Jensen
<i>Rhizosolenia</i> , <i>Skeletonema</i> , <i>Thalassiotrix</i>	8	21,44	4,37	4,45	Кильская бухта Kiel Bay	Brandt, Raben, Stiehr
<i>Skeletonema</i> , <i>Thalassiotrix</i> , <i>Chaetoceras</i>	1	–	–	3,33	» Полярная гавань Polarnaja Harbour	А.П. Виноградов A.P. Vinogradov
Среднее Average	14	16,84	3,80	3,29 ⁷		

Углерода в них еще меньше. Содержание азота напоминает такое же в Peridineae. Обращает внимание все же относительно более высокое содержание азота в Peridineae (и Diatomeae), чем это известно для растений (например, всех сухопутных). Особенно это бросается в глаза при пересчете на беззольный сухой остаток. В этом случае в Diatomeae содержание азота достигнет до 12%. Подобное же высокое содержание азота нами отмечалось для многих других *Tallophyta*, как то: у бактерий, синезеленых водорослей, некоторых простейших, напоминая содержание азота у животных [5].

Различие состава планктона из Crustacea, Peridineae и Diatomeae могло бы быть еще более ярким, если бы мы могли показать полный химический элементарный состав их. Известное высокое содержание кремния в диатомовых, относительно малое в целом содержание золы в Peridineae, высокое содержание фосфора в Crustaceae и т. д. далеко не исчерпывают своеобразие состава отдельных видов планктона. Отсюда, конечно, их различная пищевая ценность.

Обратимся теперь к другим химическим элементам (табл. 7).

Причина высокого содержания хлора (и натрия) ясна. Содержание магния, серы и фосфора довольно постоянно, что отчасти объясняется их вхождением в органические комплексы (с белками и т. п.). Высокое содержание фосфора в ракообразных вызывается еще тем, что он находится в Soropoda и других ракообразных в панцирях [4].

⁷ В пресноводных Diatomeae содержание азота, по Берджу и Джедай [12], = 3,66%; у *Asterionella* оно равно 2,20%

Таблица 7
Table 7
Химический элементарный состав планктона *Calanus finmarchicus*
(в % живого вещества)
Chemical elementary composition of plankton *Calanus finmarchicus*
(in % per raw substance)

Название элемента Name of elements	Место и год взятия пробы Locality and date of sampling		
	Мотовский залив, 1930 Motovskij Bay, 1930	Баренцево море, 1930 Barents Sea, 1930	Мотовский залив, 1931 Motovskij Bay, 1931
O	79,99	–	–
H	10,26	–	–
C	6,01	–	–
N	1,51	1,50	1,51
C	1,05	1,18	1,07
Na	0,54	0,65	–
K	0,29	0,29	–
S	0,14	0,15	0,16
P	0,13	0,15	0,16
Ca	0,04	0,036	0,11
Mg	0,03	0,024	0,044
Fe	0,007	0,012	–
Si	0,007	0,015	–
Br	0,009	0,010	–
J	0,0002	0,0009	–

Чрезвычайно низко содержание в *Calanus* марганца – всего около 10-4% в золе. В фитопланктоне значительно больше. Иод был найден нами в количестве от 0,0016% до 0,0058% в планктоне из *Calanus* (табл. 8). Клосс [16] нашел аналогичные количества иода в зоопланктоне Норвежского моря.

Таблица 8
Table 8
Содержание иода в морских планктонных ракообразных
(в % на сухое вещество)
Content of iodine in marine plankton of Crustacea
(in percents per dry substance)

Название организмов ⁸ Name of species	Место сбора Locality of sampling	Содержание иода Iodine content	Автор Author
<i>Meganycliphanus norvegica</i> (51%) <i>Calanus finmarchicus</i> (35%)	Färoy – Bank	0,0007	Closs

⁸ В скобках указано процентное содержание организма в пробе. Numbers enclosing in brackets show the percentage of specimens in sample.

Таблица 8 (продолжение)

Название организмов ⁸ Name of species	Место сбора Locality of sampling	Содержание иода Iodine content	Автор Author
<i>Calanus finmarchicus</i> (54%) <i>Pseudocalanus minutus</i> (23%)	Storregen	0,0022	»
<i>Calanus finmarchicus</i> (82%)	Skagerak 64°51'N, 1°14'E	0,0029	»
<i>Enthemisto bispinosa</i> (100%)	Атлантический океан Atlantic ocean	0,0012	»
<i>Calanus finmarchicus</i> (100%)	Мотовский залив Motovskij Bay	0,0016	А.П. Виноградов A.P. Vinogradov
<i>Calanus finmarchicus</i>	Баренцово море Barents Sea	0,0058	»

Наибольшее количество иода собирается в фитопланктоне. В нашем случае диатомовый планктон из Полярной гавани дал 0,003% иода на сухое вещество, тогда как диатомовый планктон из более открытых частей моря (Oslo-fiord), по определению Клосса и Лунде [16, 24], содержал 0,023% иода в сухом веществе. Таким образом, содержание иода в диатомовых того же порядка, что и в бурых водорослях, богатых иодом. Высокое содержание иода в диатомовых должно объяснять содержание иода в жире рыб, питающихся планктоном⁹. Содержание брома несколько выше, чем содержание его в морской воде.

Помощь в подготовке материала для настоящей работы мне оказала научная сотрудница Х.Г. Виноградова-Томашевская, которой выражаю свою благодарность.

Выводы

1. Сравнение химического элементарного состава и содержания молекулярных соединений (белков, жиров и т. д.) в планктоне, состоящем главным образом из *Calanus finmarchicus* и собранном в разных местах (Мотовский залив, открытые части Баренцового моря, Кандалакшский залив Белого моря), с составом других планктонов – диатомового, перидиниевого – показывает характерное его отличие от последних по химическому составу.

2. В химическом составе *Calanus finmarchicus*, в содержании веществ – жиров, белков и т. п., а также некоторых химических элементов (железо, кальций), наблюдаются известные колебания, не выходящие за определенные пределы, связанные с местом сбора планктона и т. п. В связи с этим выяснилась необходимость учета солености воды и других гидрохимических факторов в местах взятия проб.

3. Планктон из *Calanus finmarchicus* содержит значительное количество жира (до 31%), а также белков, фосфора и т. д. и является высококалорийной пищей морских животных. Калорийность *Calanus finmarchicus* достигает 6,5 тысяч калорий.

4. Желательно было бы продолжить систематическое исследование морского планктона одновременно с гидрохимическими исследованиями, хотя бы на некоторые химические элементы – фосфор, азот, железо, иод и органические вещества (хитин, жир), что представляло бы большой практический и теоретический интерес.

Москва, 1934

⁹ О содержании иода в планктоне см. также указания у Готье, Камерона, Фелленберга и Килина.

Литература

1. *Богоров В.Г.* Изменение биомассы с возрастом у *Calanus finmarchicus* // Бюлл. Госуд. океанографического ин-та. М., 1933. № 8.
2. *Богоров В.Г.* Веса и экологические особенности макропланктеров Баренцова моря // Труды ВНИРО. Т. IV, вып. 2 (в печати).
3. *Бруевич С.В.* Гидрохимические работы Государственного океанографического института в Баренцовом море в 1927–1930 гг. // Доклады 1-й сессии ГОИН'а (14–22/IV 1931). М., 1931. № 1.
4. *Виноградов А.П.* // Труды Биогеохимической лаборатории АН СССР. Л., 1930. Вып. 1. С. 33.
5. *Виноградов А.П.* Химический элементарный состав морских организмов // Там же. М., 1935. Вып. 3.; М., 1937. Вып. 4.
6. *Виноградова-Томашевская Х.Г.* // Там же. Вып. 6 (в печати).
7. *Лебединцев А.* // Из Никольского рыбоводного завода. 1908. № 11. С. 70.
8. *Яинов В.А.* Планктическая продуктивность юго-западной части Баренцова моря // Труды ВНИРО. Т. IV, вып. 2 (в печати).
9. *Яинов В.А.* Смена поколений и сезонные изменения в распределении возрастных стадий *Calanus finmarchicus* Баренцова моря // Там же.
10. *Anderson.* Report of Deep Sea deposits. 1891. P. 281.
11. *Apstein C.* Das Süßwasserplankton. 1896.
12. *Birge E., Juday C.* Wisconsin Geolog., and Nat. History Survey. 1922. Bull 64. Sc. ser. 13.
13. *Boysen-Jensen P.* Report of the Danish Biolog. Station. 1914. XXII.
14. *Brandt A.* // Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen. N. F. 1898. Bd. 3. S. 45.
15. *Brandt K., Raben E.* Ibidem. 1919–1922. No. 19. S. 175.
16. *Closs K.* Ueber das Vorkommen des J im Meere und in Meeresorganismen. Oslo, 1931.
17. *Delff Ch.* // Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen. N.F. 1912. Bd. 14. S. 51.
18. *Geng H.* // Zeitschrift für Fischerei. 1925. Bd. XIII. S. 437.
19. *Hensen V.* // Berichte der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere. Kiel, 1887. Bd. 14–16.
20. *Hyams I.F., Richards E.H.* // Technology quarterly. 1904. Vol. 17. P. 275.
21. *Knauthe K.* Das Süßwasser. 1907. Vol. X; Fischerei Zeitung. Bd. 3. No. 22/24; Bd. 10; Bd. 20; S. 225.
22. Journal Conseilintern. pour l'exploration de la mer. 1930. Vol. V, no. 3. P. 329.
23. *Krogh A., Berg K.* // Intern. Bevue Hydrobiolog. u. Hydrolog. 1931. Bd. 25. S. 4; 1931. S. 201.
24. *Lunde G.* // Teknisk Ukeblad. N. R. 1928. No. 20, 21. S. 141.
25. *Marshall S.M.* // Journal of the Marine Biological Association. N. S. 1933. Vol. XIX, no. 1.
26. *Meyer I.* // Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen. 1914. Bd. 16. S. 231.
27. *Moberg E.* Proceeding of the third Pan-Pacific Sc. Congress. 1928. Vol. I. P. 233.
28. *Moranski.* Zeitschrift für Fischerei. 1897. S. 201.
29. *Nicholls A.G.* // Journal of the Marine Biol. Assoc. N. S. 1933. Vol. XIX, no. I.
30. Salkover (по Clarke F.W., Wheeler W.C.). The inorganic constit. of Marine invertebrate. 1922. Vol. V. P. 44.
31. *Turner B.B.* // Journal Amer. Chem. Soc. 1916. Vol. 38. P. 1402.
32. *Volk R.* Verhandl. d. Naturwiss. Vereins im Hamburg 3 Folg. XV. 1907. S. 45.
33. *Waksman S.A., Carey C.L., Reuszer H.W.* // Biolog. Bull. 1933. Vol. XXV, no. I. P. 57.
34. *Whipple G.C., Jackson D.D.* (по Birge E., Juday C.). // Journal N. E. Waterworks Assoc. 1889. Vol. 14. P. 17.

Chemical composition of marine plankton

By A.P. Vinogradov

SUMMARY

1. The comparison of the chemical composition and content of molecular compounds (proteins, fats etc, in a plankton, consisting mainly of *Calanus finmarchicus*, collected in different places (Motovskyj Bay, open parts of the Barents Sea, the Kandalaksha Bay of the White Sea) with other planktons, such as diatomeae, peridinia plankton – has shown its characteristic difference from the latter in chemical composition.

2. The content of separate chemical substances, such as proteins, fats etc., as well as of some chemical elements (such as iron, calcium etc.) in *Calanus finmarchicus* was found to be subjected to some fluctuations, not exceeding definite limits, conditioned by, locality of sampling. It was found by the way, that salinity of water and some other hydrochemical factors should be primarily estimated in the places of sampling.

3. The plankton, consisting of *Calanus finmarchicus* contains a considerable amount of fat – up to 31% (proteins, phosphorus, etc., – as well) thus being a food of high calority of sea – animals. Calority of *Calanus finmarchicus* amounting to 6.5 thousand calories.

4. It is highly desirable to make a systematic analysis of the sea – plankton along with hydrochemical investigations, if it were but for a few chemical elements – phosphorus, nitrogen, iron, iodine and some organic substances (chitin, fat) which may be of great practical and theoretical importance.

Moscow, 1934

СОДЕРЖАНИЕ ИОДА В КРАСНЫХ ВОДОРОСЛЯХ¹

Имелись основания предполагать, что среди красных водорослей (Rhodophyceae) существуют некоторые виды, не менее богатые иодом, чем, например, некоторые из Laminariae (Pheophyceae). Между тем при ближайшем знакомстве с литературой по этому вопросу данных о содержании иода в красных водорослях оказалось чрезвычайно мало. Для проверки нашего предположения нужно было непосредственно взяться за анализ красных водорослей, что мы и пытались сделать. Возможность этого появилась в связи с работами Государственного океанографического института по выяснению с промышленной целью распространения водорослей по Мурманскому берегу. Мы остановили свое внимание на красных водорослях с берегов Кольского залива. Большинство определений иода в водорослях было сделано непосредственно в лаборатории Мурманского отделения Государственного океанографического института в селе Полярном в течение июля сентября 1931 г. каждый раз в только что выловленном свежем материале. Часть материала была взята, помимо того, в спирте и вновь проверена на содержание иода уже в Ленинграде. Ботаническое определение водорослей было сделано М.С. Киреевой и Т.Ф. Щаповой, которым мы и выражаем товарищескую благодарность.

Методы сбора и подготовка материала к анализу. Сбор водорослей производился непосредственно перед анализом. Большинство красных водорослей Кольского залива – эпифиты на *Laminaria digitata*, *L. saccharina* и на других бурых водорослях. Поэтому из воды выбирались отдельные экземпляры ламинарий и с их черешков и ризоидов снимались красные водоросли. Реже они собирались непосредственно с грунта. Водоросли обсушивались небольшими кусочками фильтровальной бумаги без всякого давления, пока последний листок фильтровальной бумаги, приложенный к водорослям, не оставался сухим. Тотчас же в закрытой бюксе бралась навеска свежей водоросли путем отбора средней пробы из всего подготовленного материала.

Методы определения иода. Предстояло решить вопрос о способе сжигания водорослей. Операция определения иода в органическом веществе вообще довольно продолжительна. После ряда опытов мы отказались от непосредственного сжигания водорослей со щелочами в железной чашке и т. п., как это предложено было Фелленбергом (*Fellenberg* [2]), *Лунде* (*Lunde*) и другими, и остановились на методе сжигания водорослей с серной кислотой и перекисью водорода – методе, ныне использованном Пфейфером (*Pfeiffer*), Глиммом (*Glimm*), Изенбруком (*Isenbruch*) и другими. Мы учли все замечания относительно этого приема, которые были сделаны указанными авторами, и в контрольных опытах всегда получали хорошие результаты. Прибор для определения иода состоял из колбы емкостью около 300 см³, вредное пространство в которой было по возможности уменьшено путем укорочения ее горла и т. д., как это показано на рисунке 1. Сосуд для поглощения был емкостью около 150 см³ и представлял собой несколько измененную склянку Кохмана. Навеска водоросли от двух и более грамм вводилась в колбу, которая предварительно смыкалась с приемным сосудом, содержащим около 40 см³ 4%-го раствора едкой щелочи (KOH), совершенно свободной от иода.

¹ Работы по биологии и химии морских организмов. М., 1938. С. 89–96. (Тр. ВНИРО; Т. 7). Соавт.: Бергман Г. Г.

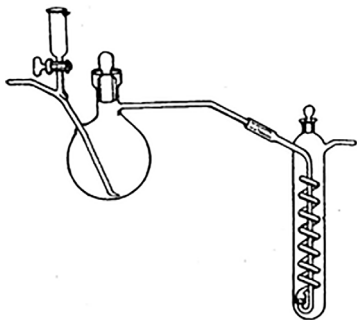


Рис. 1. Прибор для определения иода (схема)

Fig. 1. Apparatus for the determination of iodine (the scheme)

H_2O_2 . Когда окисление заканчивалось, то пропускание воздуха продолжалось еще около 1 ч. Одновременно работали два прибора.

Раствор КОН, содержащий весь отогнанный иод, из приемного сосуда переводился в платиновую чашку, выпаривался досуха и осторожно прокаливался для удаления органического вещества, которое в очень небольшом количестве всегда отгонялось при нагревании, не будучи окислено нацело. Из остатка производились многократные извлечения спиртом иодидов, как это обычно делается при определении малых количеств иода (см., например, у Фелленберга [2]).

Извлеченные спиртом соли растворялись в малом количестве воды и переводились в колбочку, где подкислялись серной кислотой и объем доводился до 25 см^3 , откуда затем и бралось от 1 и более см^3 для 2–3-параллельных определений иода. Непосредственное определение иода велось двумя способами: окислением иода бромной водой и параллельно окислением нитрозой, пользуясь для разрушения избытка окислов азота – азидом Na, как это предложил Райт (Reith [3]). Многочисленными опытами было установлено, что для окисления взятой пробы достаточно не более $0,5\text{ см}^3$ бромной воды, а для удаления избытка брома из объема в 5 см^3 раствора достаточно 3–4 минут непрерывного кипячения.

Раствор иодидов ($1\text{--}2\text{ см}^3$), взятый из колбочки, переводился в эрленмейеровскую колбочку емкостью около 75 см^3 , разбавлялся водой до 5 см^3 и подкислялся H_2SO_4 , затем вводилось от $0,25$ до $0,5\text{ см}^3$ бромной воды и для предупреждения толчков при кипячении тальк. Колба ставилась наклонно (рис. 2), нагревалась до кипения и кипятилась 3–4 минуты, охлаждалась, приобавлялось примерно в 5–8 раз больше йодистого калия, чем то требовалось по реакции для ожидаемого количества иода (при большом избытке йодистого калия крахмал дает фиолетовые тона), крахмал и титровалось из микробюретки установленным титром $Na_2S_2O_3$ ($\frac{1}{500}N$). Второй прием с нитрозой и азидом натрия мы проводили точно, как описано у Райта [3]. Между определениями по обоим способам иногда получались незначительные расхождения.

Обсуждение полученных данных. Молиш отметил, что из всех анализированных им качественно на содержание иода красных водорослей с Гельголанда одна лишь *Plumaria* показала значительное содержание иода. Камерон (Cameron)

Затем через воронку в колбу вводилось около 40 см^3 серной кислоты уд. веса 1,94, после чего производилось нагревание этой колбы на масляной бане при $90\text{ }^\circ\text{C}$ до полного распада вещества, примерно в течение $\frac{1}{2}\text{--}1$ ч. После этого, пользуясь водяным насосом, который мог либо отсасывать, либо нагнетать так, чтобы не произошло забрасывание жидкостей в колбу и приемной склянке, вводилось 30% H_2O_2 (Кальбаум) до просветления жидкости в колбе. Наконец, колба нагревалась до $220\text{ }^\circ\text{C}$ в течение 1 ч при постоянном токе через нее воздуха (скорость – около 30 пузырьков в минуту). Если после этого жидкость в колбе все-таки оставалась бурой (неполнота окисления), то вновь тем же способом вводилось еще несколько см^3 H_2O_2 . Обычно требовалось всего около $10\text{--}15\text{ см}^3$

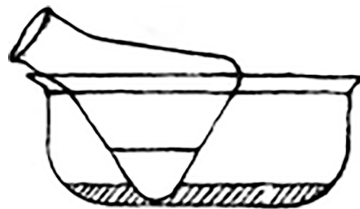


Рис. 2. Положение колбы

при нагревании раствора иодида
Fig. 2. The position of the retort in the time of the heating of iodide solution

обратил внимание, что *Nitophyllum ruprechtianum* и *N. violaceum* с Тихоокеанских берегов Америки (Канада) по содержанию иода не уступали местным ламинариям, содержа 0,158 и 0,127% иода в сухом виде. В течение последних лет было замечено, что в целом ряде красных водорослей легко обнаруживается иод, как например: у *Bonnemaisonia Falkenbergia*, *Hillebrandia* и других.

В 1915 г. Писаржевский и Аверкиев, а затем в ряде статей Аверкиев показали, что черноморская *Phyllophora rubens* содержит значительные количества иода, выгодные для разработки в промышленных целях. По новейшим определениям, *Phyllophora rubens* содержит в среднем 0,05% иода в свежей водоросли. Наконец, Килин, определяя содержание иода в ряде различных водорослей с норвежского берега, нашел, что некоторые из красных водорослей исключительно богаты иодом, как, например, *Trilliella intricata*, содержащая 0,53% иода в свежей водоросли².

В таблице 1 приводятся полученные нами данные по содержанию иода.

Большинство из исследованных нами красных водорослей содержат иода немного, но два вида – *Ptilota plumosa* и *Phyllophora brodiaei* оказались им очень богатыми. Надо иметь еще в виду, что эти водоросли собирались вблизи берега, в заливе, где все водоросли вообще беднее иодом, чем те же виды из открытого моря. Для сравнения содержания иода в красных водорослях с бурыми мы даем ниже содержание иода в ламинариях из тех же мест (табл. 2).

Порядок содержания иода в *Ptilota*, *Phyllophora*, *Laminaria* один и тот же: количество иода колеблется от 0,03–0,05% на свежую водоросль. Содержание иода в ламинариях, как известно, иногда достигает до 0,5%. Но, например, в *Trilliella*, по Килину, содержится также до 0,5% иода. Таким образом, среди красных, подобно тому, как и среди бурых водорослей, имеются виды и, вероятно, роды (*Phyllophora rubens*, *Ph. brodiaei* и виды *Ptilota*, *Trilliella* и др.) с большим содержанием иода. Картина распределения иода в различных бурых водорослях повторяется точно так же и по отношению к красным водорослям. Водоросли обоих классов содержат иод, некоторые семейства и роды из них отличаются относительным богатством иода; наконец, некоторые виды бурых (*Laminariae*) и, как мы только что показали, красных водорослей содержат исключительно много иода. Этот параллелизм химического состава (в нашем случае содержание иода) напоминает гомологические ряды морфологических признаков, поэтому, конечно, крайне желательным было бы продолжить работы в этом направлении, обещающие осветить взаимоотношения между химическим составом организмов и их систематическим положением³.

Сравнивая наши результаты с данными для тех же видов других авторов, мы в целом получили полное совпадение с некоторыми лишь отклонениями, зависящими от времени сбора, возраста и других причин, влияющих в известной степени на содержание иода в водорослях (табл. 3).

² Более подробные сведения о содержании иода в красных водорослях приведены в работе А. П. Виноградова «Химический элементарный состав морских организмов». Труды Биогеохимической лаборатории АН СССР. Т. III. М., 1935.

³ См. А. П. Виноградов, loc. cit.

Таблица 1
Table 1
Содержание йода в красных водорослях (в процентах к весу свежей водоросли)
Iodine content in Red Algae (in percentage of weight of fresh algae)

Название водорослей Species of algae	Место взятия пробы Place of sampling	Дата взятия пробы Date of sampling	Навеска в г Weight, g	Количество полученного йода в мг Quantity of received iodine in mg	Количество йода в % к весу свежей водоросли Quantity of iodine in percentage of weight of fresh algae
<i>Rhodymenia palmata</i>	За «Вестником» Off "Vestnik"	13/VIII 1931 14/VIII 1931	2,8140 4,5374	0,032 0,039	0,0011 0,00085
<i>Halosaccion ramentosum</i>	«Дворы» "Dvory"	19/VIII 1931	4,3426	0,140	0,0032
»	»	20/VIII 1931	1,7521	0,061	0,0035
<i>Seramium rubrum</i>	»	23/VIII 1931	3,4805	0,133	0,0038
<i>Chondrus crispus</i>	Корабельная бухта Korabel'naja Bay	14/VIII 1931	4,4712	0,309	0,00689
<i>Phyllophora brodiaei</i>	2-й Двор Vtoroj Dvor	22/VIII 1931	1,2903	0,335	0,0259
»	Около входа в Тюва-губу	26/VIII 1931	2,3814	0,615	0,0260
»	Около входа в Тюва-губу Off the entering into Tjuva Bay	26/VIII 1931	2,3814	0,615	0,0260
<i>Ptilota plumosa</i>	«Дворы» "Dvory"	Август 1931 »	18,30	7,530	0,0420
<i>Delesseria sinuosa</i>	«Дворы» "Dvory"	»	9,50	1,280	0,0110
<i>Odonthalia dentata</i>	»	»	21,20	2,140	0,0100
<i>Polydides rotundus</i>	Около входа в Тюва-губу Off the entering into Tjuva Bay	»	79,00	1,328	0,0017
<i>Monostroma</i> sp. (<i>Chlorophyceae</i>)	Корабельная бухта Korabel'naja Bay	»	21,05	0,156	0,0008

Таблица 2
Table 2
Содержание иода в ламинариях (в процентах веса свежей водоросли)
Content of iodine in Laminaria (in percentage weight of fresh algae)

Название водорослей Species of algae	Место взятия Place of sampling	Дата сбора Date of sampling	Навеска в г Weight, g	Количество полученного иода в мг Quantity of received iodine in mg	Количество иода в % веса свежей водоросли Quantity of iodine in percentage of weight of fresh algae	Примечания Notes
<i>Laminaria saccharina</i>	Оленья губа Olenija Bay	7/VIII 1931	2,250	1,219	0,0541	Длина – 2 м (без черешка) Вес – 1005 г Length 2 m (stipe excluded). Weight 1005 g
«....»	За «Вестником» Off «Vestnik»	8/VIII 1931	2,260	0,683	0,031	Длина – 1 м (без черешка) Вес – 110 г Length 1 m (stipe excluded). Weight 110 g
<i>Laminaria digitata</i>	У входа в Пала-губу Off the entering into Pala Bay	11/VIII 1931	2,310	1,300	0,0563	Вес – 1123 г Weight 1123 g
«....»	Средний Двор Srednij Dvor	10/VIII 1931	2,290	0,757	0,0331	Вес – 996 г Weight 996 g

Таблица 3

Table 3

Содержание иода в красных водорослях
из разных географических пунктов

Jodine content in Red Algae from different geographical spots

Название водорослей Species of algae	Место взятия проб Place of sampling	Содержание иода в свежей водоросли в мг Content of iodine in fresh algae in mg	Авторы Authors
<i>Rhodymenia palmata</i>	Кольский залив Kola fjord	0,0009	Наши данные Our data
«....«	Америка, Атлантический берег, Канада America, Atlantic coast, Canada	0,003 ¹	Butler
«....«	Америка. Тихоокеанский берег, Ка- нада America, Pacific coast, Canada	–	Turrentine
«....«	Франция, Бретань France, Bretagne	0,012	Vincent
«....«	Западный берег Швеции Western coast of Sweden	0,0008	Kylin
<i>Halosaccion ramentosum</i>	Кольский залив Kola fjord	0,0033	Наши данные Our data
«....«	Атлантическое побережье Канады. Atlantic coast of Canada	0,004 ¹	Butler
<i>Ceramium rubrum</i>	Западный берег Швеции Western coast of Sweden	0,0009	Kylin
«....«	Кольский залив Kola fjord	0,0038	Наши данные Our data
«....«	Гельголанд Helgoland	Следы	Albert, Krause
<i>Chondrus crispus</i>	Кольский залив Kola fjord	0,00689	Наши данные Our data
		0,015 ¹	Albert und Krause
«....«	Тихоокеанское побережье Канады Pacific coast of Canada	0,015	+
«....«	Атлантическое побережье Канады Atlantic coast of Kanada	0, 015	Butler
«....«	Западный берег Швеции Western coast of Sweden	0, 0018	Kylin
<i>Ptilota plumosa</i>	Кольский залив Kola fjord	0,042	Наши данные Our data
«....«	Западный берег Швеции Western coast of Sweden	0,06	Kylin
<i>Delesseria sinuosa</i>	Кольский залив Kola fjord	0,011	Наши данные Our data

Таблица 3 (окончание)

Название водорослей Species of algae	Место взятия проб Place of sampling	Содержание иода в свежей водоросли в мг Content of iodine in fresh algae in mg	Авторы Authors
«....»	Западный берег Швеции Western coast of Sweden	0,0015	Kylin
<i>Odonthalia dentata</i>	Кольский залив Kola fjord	0,010	Наши данные Our data
«....»	Западный берег Швеции Western coast of Sweden	0,009	Kylin
<i>Polyides rotundus</i>	Кольский залив Kola fjord	0,0017	Наши данные Our data
«....»	Западный берег Швеции Western coast of Sweden	0,026	Kylin
<i>Phyllophora brodiaei</i>	Кольский залив Kola fjord		Наши данные Our data

¹ Обозначены данные, пересчитанные на свежий вес водоросли.

Как общее правило, красные водоросли, обитающие на литорали (например, *Rhodymenia palmata*, *Halosaccion ramentosum* и другие), бедны иодом. *Ptilota plumosa*, *Phyllophora brodiaei*, а также отчасти *Delesseria sinuosa* и *Chondrus crispus*, обитающие более глубоко в сублиторальной и элиторальной зонах, иодом значительно богаче. Подобное вертикальное распределение водорослей с различным содержанием иода хорошо известно для бурых водорослей, из которых *Fucus* содержит столько же иода, как и *Halosaccion*, *Polyides* и другие, а более глубокие ламинарии концентрируют иод.

Надо полагать, что богатые иодом красные водоросли могли бы иметь промышленное значение, особенно в случае выявления больших площадей, занятых ими. Следует, однако, отметить, что относительно небольшие размеры красных водорослей, по сравнению с огромными бурыми водорослями, представляют известные затруднения для их использования.

Москва, 1934

Литература

1. Glimm E., Isenbruch J. // Biochem. Ztschr. 1929. Bd. 207. S. 368.
2. Fellenberg Th. Ergebnisse b. Physiologie. 1926. Bd. 25. S. 176.
3. Reith J.F. Die micro-iodumbepaling in naturlijke Grondstoffen: Diss. Utrecht, 1929.
4. Cameron A.T. // Journ. Biol. Chem. 1914. Vol. 18. P. 335.
5. Аверкиев Н.Д. // Журнал прикладной химии. Т. III, № 4. С. 589.
6. Butler M.R. // Plant Physiology. 1931. Vol. 6, no. 2. Pp. 295, 306.
7. Vincent V.H. Les algues marines et leurs emplois agricoles, alimentaires, industriels. Quimper: Ménez, 1924. 206 p.
8. Kylin H. // Zeitschr. f. Phisiol. Chem. 1929. Bd. 186. S. 50.
9. Albert R., Krause M. // Chemiker Zeitung. 1919. Bd. 43. No. 25. S. 97–99.

The iodine – content of red algae (rhodophyceae)

By Vinogradov A.P. and Bergmann G.G., Gertruda G.

SUMMARY

1. The iodine content of fresh Rhodophyceae from the Kolskij Bay was determined by oxidation with H_2SO_4 and H_2O_2 in a special apparatus (see fig. 1) with following titration with $n/500 Na_2S_2O_3 - JO_3$ in présence of KI (after the oxidation of J with Bromine water). The results are given in the table 1.

2. Like the Phaeophyceae (whose iodine content was studied more closely) who have species with high iodine content (p. ex. *Laminaria*) and species with low iodine content (p. ex. Fucaceae), the Rhodophyceae can be subdivided into species rich with iodine (p. ex. Phyllpohorae, *Ptilotae*, *Trailliellae*) the last being in majority. The Rhodophyceae rich in iodine contain J in the same order as the local *Laminariae*.

3. Different species of Rhodophyceae differ in iodine content, so that it can be used as characteristic of the species. Such a parallelism in iodine content in different species of Rhodophyceae and Phaephyceae is analogical with the parallelism of morphological characteristics of plants.

Moscow, 1934

Vinogradov A.P. La composición química elemental de los organismos marinos (*The Elementary Chemical Composition of Marine Organisms*), trad. del ruso por Julia Efron y Jane K. Setlow; bibl. de Virginia W. Odum; XIV + 647 pp. Sears Foundation for Marine Research, Mem. no. II. New Haven, Conn., 1953 (17 dól.).

Esta es la segunda de una serie de memorias básicas en investigación marina, editadas por la Fundación Sears, al cuidado del Laboratorio Oceanográfico Bingham de la Universidad de Yale (*of. CIENCIA, X: ...*). La obra, impresa en Copenhague (Dinamarca), es un alarde de calidad tipográfica y de buen gusto. El autor es director del Laboratorio Vernadsky para problemas geoquímicos, de Moscú (U.R.S.S.). Aunque la obra original, en ruso, apareció en tres partes en los años 1935, 1937 y 1944, la traducción inglesa ha refundido el texto de las tres partes y ha incluido numerosas adiciones hechas por el propio autor sobre el texto inglés. La extensa bibliografía (casi 60 páginas) ha sido cuidadosamente revisada y, prácticamente, rehecha por la Srta. Virginia W. Odum.

La obra representa una fantástica acumulación de datos bibliográficos, bien clasificados en XXIII capítulos, sobre el tema indicado en el título, es decir, un esfuerzo extraordinariamente valioso dirigido hacia el conocimiento químico de la Naturaleza.

La mayoría de los capítulos – después de una interesante introducción – se refieren a la composición elemental de los diferentes grupos de organismos marinos: algas no planctónicas, plancton, bacterias, *Zostera* y otras fanerógamas, protozoos, poríferos, celenterados, briozoos, braquiópodos, gusanos, foronideos, enteropneustos, equinodermos, moluscos, artrópodos, tunicados, leptocardios, ciclóstomos y peces. La subdivisión de los capítulos está condicionada por el volumen y la importancia del material, unas veces se atiende a la clasificación zoológica y otras a los grupos de elementos químicos. Ciertos capítulos comprenden temas especiales como el XIX, dedicado a hemoglobina, hemocianina y otros pigmentos respiratorios de invertebrados que contienen metales, o el XX, dedicado a la composición mineralógica de los esqueletos de organismos marinos.

Los dos últimos capítulos, también de contenido especial, se refieren a la influencia reguladora de la sal del océano sobre la composición química de los organismos marinos, y a cambios fundamentales en la composición elemental de los organismos marinos durante las épocas geológicas.

En conjunto, la obra del Prof. Vinogradov viene a constituir uno de esos pilares básicos indispensables para acercarse al conocimiento químico de los seres vivos. – F. Giral.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩЕЕ ПРЕДИСЛОВИЕ К СОБРАНИЮ СОЧИНЕНИЙ А.П. ВИНОГРАДОВА	7
ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА 1-ГО ТОМА ПОЛНОГО СОБРАНИЯ СОЧИНЕНИЙ А.П. ВИНОГРАДОВА	12
ОТ СОСТАВИТЕЛЯ	17
ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ ОРГАНИЗМОВ МОРЯ	24
Глава I. ВВЕДЕНИЕ	24
1. ИСТОРИЯ НАКОПЛЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ ДАННЫХ	24
2. ХАРАКТЕР АНАЛИТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА	33
3. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА	36
4. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МОРСКОЙ ВОДЫ	37
Глава II. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ МОРСКИХ ВОДОРОСЛЕЙ	40
1. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ	40
2. СОДЕРЖАНИЕ ВОДЫ В РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ RHAEORHUCEAE, RHODORHUCEAE и CHLORORHUCEAE	41
3. СОДЕРЖАНИЕ ЗОЛЫ В МОРСКИХ ВОДОРОСЛЯХ	46
4. СОДЕРЖАНИЕ С, Н и N В ВОДОРОСЛЯХ	50
5. RHAEORHUCEAE. СОДЕРЖАНИЕ Na, K, Ca, Mg, P, Cl и S	59
6. RHAEORHUCEAE. СОДЕРЖАНИЕ Na и K	66
7. RHAEORHUCEAE. СОДЕРЖАНИЕ Ca и Mg	70
8. RHAEORHUCEAE. СОДЕРЖАНИЕ S, Cl, P	71
9. RHAEORHUCEAE. СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В СОДЕРЖАНИИ Na, K, Ca, Mg, P, S и Cl	74
10. RHODORHUCEAE. СОДЕРЖАНИЕ K, Na, Ca, Mg, P, S и Cl	74
11. CORALLINACEAE. СОДЕРЖАНИЕ Na, K, Ca, Mg, P, S, Cl	78
12. CHLORORHUCEAE	88
13. ИОД В ВОДОРОСЛЯХ	94
14. ИОД В RHAEORHUCEAE	98
15. ИОД В RHODORHUCEAE	123
16. ИОД В CHLORORHUCEAE	132
17. БРОМ В ВОДОРОСЛЯХ	134
18. МЫШЬЯК В ВОДОРОСЛЯХ	138

19. КРЕМНИЙ И АЛЮМИНИЙ В RHAEORHYZEAE, RHODORHYZEAE и CHLORORHYZEAE	140
20. МАРГАНЕЦ В ВОДОРОСЛЯХ	143
21. ЖЕЛЕЗО В ВОДОРОСЛЯХ	144
22. СОДЕРЖАНИЕ ДРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДОРОСЛЯХ (Cu, Zn, Ti, Pb, Mo, Sn, Co, Ni, Hg, Ag, Au, V, Cr, B, Bi, Sb, W, Ga, Ge, Be, Rb, Cs, Li, Sr, Ba, Tl, F и радиоактивных элементов)	146
23. СОДЕРЖАНИЕ ГАЗОВ В ВОДОРОСЛЯХ	156
Глава III. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ МОРСКОГО ПЛАНКТОНА	157
1. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ	157
2. CYANORHYZEAE	160
3. FLAGELLATA	168
4. PERIDINIEAE	171
5. DIATOMEAE	172
Глава IV. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ МОРСКИХ БАКТЕРИЙ	181
Глава V. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ ZOSTERA И ДРУГИХ ЦВЕТКОВЫХ РАСТЕНИЙ МОРЯ	184
Глава VI. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ PROTOZOA	189
1. FORAMINIFERA	190
2. XENOPHYOPHORA	196
3. RADIOLARIA	197
4. HELIOZOA, INFUSORIA И ДРУГИЕ PROTOZOA	199
5. СОДЕРЖАНИЕ ДРУГИХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ в PROTOZOA	200
Глава VII. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ PORIFERA	201
1. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ	201
2. СОДЕРЖАНИЕ ВОДЫ, ЗОЛЫ, УГЛЕРОДА, ВОДОРОДА И АЗОТА В ГУБКАХ	202
3. КЛАСС DEMOSPONGIAE, ОТРЯД CORNACUSPONGIDA	204
4. TETRAXONIDA	206
5. КЛАСС NYALOSPONGIAE (= HEXASTINELLIDAE)	208
6. ДРУГИЕ КРЕМНИЕВЫЕ ГУБКИ	208
7. О СОСТОЯНИИ SiO ₂ В ГУБКАХ И О КРЕМНИЕВОМ ОБМЕНЕ В МОРЕ	208
8. CALCAREA	212
9. ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ И ДРУГИЕ ЭЛЕМЕНТЫ	213

Глава VIII. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ COELENTERATA	219
1. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ	219
2. СОДЕРЖАНИЕ ВОДЫ, N, C в COELENTERATA И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ИХ БЕССКЕЛЕТНЫХ ФОРМ	221
3. HYDROCORALLINA	226
4. HEXACORALLIA	227
5. OSTOCORALLIA	230
6. СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ И ДРУГИХ МЕТАЛЛОВ В COELENTERATA	236
7. ГАЛОГЕНЫ, МЫШЬЯК И РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ	240
8. STENOPHORA	243
Глава IX. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ BRYOZOA	244
СОДЕРЖАНИЕ Fe И ДРУГИХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В BRYOZOA	247
ГЛАВА X. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ BRACHIOPODA	248
1. INARTICULATA (ФОСФАТНО-ИЗВЕСТКОВЫЕ BRACHIOPODA)	248
2. ARTICULATA (ИЗВЕСТКОВЫЕ BRACHIOPODA)	250
3. СОДЕРЖАНИЕ ДРУГИХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В BRACHIOPODA	252
Глава XI. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ VERMES	254
1. СОДЕРЖАНИЕ ВОДЫ, ЗОЛЫ, N, C, Ca, P, S, K и Na в VERMES	254
2. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ИЗВЕСТКОВЫХ И ФОСФАТНЫХ ТРУБОК VERMES	258
3. СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В VERMES	260
4. МЕТАЛЛОИДЫ В VERMES	263
Глава XII. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ PHORONIDEA	266
Глава XIII. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ ENTEROPNEUSTA	267
Глава XIV. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ ECHINODERMATA	268
1. СОДЕРЖАНИЕ ВОДЫ, ЗОЛЫ И АЗОТА В ECHINODERMATA	269
2. СОДЕРЖАНИЕ Na, K, Ca, Mg, P, S, Cl и Si в ECHINODERMATA	270
3. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ СКЕЛЕТОВ ECHINODERMATA, ECHINOIDEA	278
4. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ СКЕЛЕТОВ CRINOIDEA	282
5. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ СКЕЛЕТОВ ASTEROIDEA	284

6. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ СКЕЛЕТОВ ORNITHUROIDEA	284
7. ФОРМЫ CaCO ₃ и MgCO ₃ В СКЕЛЕТАХ ECHINODERMATA	284
8. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СКЕЛЕТНЫХ ЧАСТЕЙ (СПИКУЛ) HOLOTHURIA	285
9. СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ	286
10. НАХОЖДЕНИЕ ДРУГИХ МЕТАЛЛОВ	289
11. СОДЕРЖАНИЕ МЕТАЛЛОИДОВ В ECHINODERMATA	293
Глава XV. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ MOLLUSCA	296
1. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ	296
2. СОДЕРЖАНИЕ ВОДЫ, ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ЗОЛЫ	297
3. СОДЕРЖАНИЕ С, Н и N	306
4. СОДЕРЖАНИЕ Na, K, Ca, Mg, P, S, Cl и Si	309
5. СОДЕРЖАНИЕ Na и K	314
6. СОДЕРЖАНИЕ Ca и Mg	315
7. СОДЕРЖАНИЕ P, S и Cl	316
8. СОДЕРЖАНИЕ Si	319
9. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ РАКОВИН И ДРУГИХ СКЕЛЕТНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ	320
10. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАКОВИН CEPHALOPODA	324
11. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАКОВИН LAMELLIBRANCHIATA	327
12. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАКОВИН AMPHINEURA, SCAPHOPODA, ПТЕРОПОДА, НЕТЕРОПОДА	333
13. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАКОВИН GASTROPODA	335
14. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЖЕМЧУГА	341
15. СОДЕРЖАНИЕ Mn, Fe, Си и Zn	342
МАРГАНЕЦ В MOLLUSCA	342
МАРГАНЕЦ В CEPHALOPODA	344
МАРГАНЕЦ В GASTROPODA	346
МАРГАНЕЦ В LAMELLIBRANCHIATA	348
ЖЕЛЕЗО В MOLLUSCA	354
ЖЕЛЕЗО В CEPHALOPODA	354
ЖЕЛЕЗО В GASTROPODA	356
ЖЕЛЕЗО В LAMELLIBRANCHIATA	359
МЕДЬ В MOLLUSCA	363
МЕДЬ В CEPHALOPODA	364
МЕДЬ В GASTROPODA	370
МЕДЬ В LAMELLIBRANCHIATA	373
ЦИНК В MOLLUSCA	379

ЦИНК В СЕРHALOPODA	380
ЦИНК В GASTROPODA	380
ЦИНК В LAMELLIBRANCHIATA	381
16. НАХОЖДЕНИЕ ДРУГИХ МЕТАЛЛОВ В MOLLUSCA	385
17. ЩЕЛОЧНЫЕ И ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ В MOLLUSCA	386
18. МЕТАЛЛОИДЫ В MOLLUSCA	393
Глава XVI. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ	
ARTHROPODA	400
1. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ	400
2. СОДЕРЖАНИЕ ВОДЫ, ЗОЛЫ, АЗОТА И ХЛОРА В CRUSTACEA	401
3. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ENTOMOSTRACA	410
4. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ COPEPODA	411
5. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ BRANCHIOPODA	414
6. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ OSTRACODA	415
7. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ CIRRIPIEDIA	416
8. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ MALACOSTRACA, DECAPODA	418
9. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ STOMATOPODA	424
10. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ AMPHIPODA	424
11. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ MYSIDACEAE	426
12. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ISOPODA	426
13. ПАНЦИРЬ И МЕТАБОЛИЗМ Ca у CRUSTACEA	426
14. СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В CRUSTACEA	429
15. ДРУГИЕ МЕТАЛЛЫ В CRUSTACEA	436
16. МЕТАЛЛОИДЫ В CRUSTACEA	438
17. ПО ПОВОДУ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НЕКОТОРЫХ ВЫМЕРШИХ ARTHROPODA: TRILOBITA, GIGANTOSTRACA и XIPHOSURA	441
Глава XVII. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ	
TUNICATA	445
1. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ	445
2. НАХОЖДЕНИЕ ВАНАДИЯ В ASCIDIAE	449
Глава XVIII. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ	
LEPTOCARDII И CYCLOSTOMATA	458
Глава XIX. ГЕМОГЛОБИН, ГЕМОЦИАНИН И ДРУГИЕ	
ДЫХАТЕЛЬНЫЕ ПИГМЕНТЫ INVERTEBRATA,	
СОДЕРЖАЩИЕ МЕТАЛЛЫ	459
1. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КРОВИ И ДРУГИХ ЖИДКОСТЕЙ ТЕЛА INVERTEBRATA	459
2. МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИЕ И ДРУГИЕ СОЕДИНЕНИЯ У БЕСПОЗВОНОЧНЫХ	463

Глава XX. МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ СКЕЛЕТОВ МОРСКИХ ОРГАНИЗМОВ	483
1. КАРБОНАТЫ КАЛЬЦИЯ и МАГНИЯ	483
2. СКЕЛЕТНЫЕ ЧАСТИ с ДРУГИМИ СОЛЯМИ Ca, Sr, Ba	487
3. КРЕМНИЕВЫЕ СКЕЛЕТЫ	487
4. ФОСФАТЫ и АПАТИТЫ	489
5. ОКСИДЫ И ГИДРООКСИДЫ МЕТАЛЛОВ В СКЕЛЕТАХ ОРГАНИЗМОВ	491
Глава XXI. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ РЫБ	492
1. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ	492
2. СОДЕРЖАНИЕ H ₂ O	518
3. СОДЕРЖАНИЕ C, H и N	530
4. СОДЕРЖАНИЕ ЗОЛЫ	533
5. СОДЕРЖАНИЕ K, Na, Ca, Mg, P, S, Cl, Si	535
6. СОДЕРЖАНИЕ K и Na	545
7. СОДЕРЖАНИЕ Ca и Mg	549
8. СОДЕРЖАНИЕ P и S	552
9. СОДЕРЖАНИЕ Cl	558
10. СОДЕРЖАНИЕ SiO ₂	559
11. СОДЕРЖАНИЕ Mn	559
12. СОДЕРЖАНИЕ Fe	562
13. СОДЕРЖАНИЕ Zn	567
14. СОДЕРЖАНИЕ Cu	571
15. СОДЕРЖАНИЕ Al	576
16. СОДЕРЖАНИЕ Hg	577
17. СОДЕРЖАНИЕ Pb, Mo, Ni, Co, Ti, Cr, Ag, Nb, V В ТКАНЯХ РЫБ	577
18. СОДЕРЖАНИЕ ЩЕЛОЧНЫХ И ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	579
19. СОДЕРЖАНИЕ B	580
20. СОДЕРЖАНИЕ СИЛЬНО РАДИОАКТИВНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ	580
21. СОДЕРЖАНИЕ Br	581
22. СОДЕРЖАНИЕ F	581
23. СОДЕРЖАНИЕ I	582
24. СОДЕРЖАНИЕ As	598
25. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КРОВИ РЫБ	604
26. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОСТЕЙ И ДРУГИХ СКЕЛЕТНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ РЫБ	608
27. ГАЗЫ В РЫБАХ	612

Глава XXII. РЕГУЛИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ СОЛЕВОЙ МАССЫ ОКЕАНА НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МОРСКИХ ОРГАНИЗМОВ	616
Глава XXIII. ОСНОВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ХИМИЧЕСКОМ ЭЛЕМЕНТАРНОМ СОСТАВЕ МОРСКИХ ОРГАНИЗМОВ В ТЕЧЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕМЕНИ	624
ЛИТЕРАТУРА	636
ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ	706
К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЕСА МОРСКИХ ЖИВОТНЫХ	706
ВАНАДИЙ В МОРСКИХ ОРГАНИЗМАХ	712
ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ МОРСКИХ ОРГАНИЗМОВ В СВЯЗИ С ВОПРОСАМИ ИХ СИСТЕМАТИКИ И МОРФОЛОГИИ	714
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГЛУБОКОВОДНОГО КОРАЛЛА (PRIMNOA RESEDAEFORMIS VAR. PACIFICA) ИЗ ЯПОНСКОГО МОРЯ	729
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МОРСКОГО ПЛАНКТОНА	733
СОДЕРЖАНИЕ ИОДА В КРАСНЫХ ВОДОРОСЛЯХ	751
LA COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL DE LOS ORGANISMOS MARINOS (THE ELEMENTARY CHEMICAL COMPOSITION OF MARINE ORGANISMS)	759

Научное издание

ВИНОГРАДОВ
Александр Павлович

СОБРАНИЕ ТРУДОВ
в восемнадцати томах

Том первый

ХИМИЧЕСКИЙ
ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ
ОРГАНИЗМОВ МОРЯ

Утверждено к печати
Ученым советом
Института геохимии
и аналитической химии
им. В.И. Вернадского
Российской академии наук

Издатель
Российская академия наук

Зав. редакцией Р.С. Головина

Подписано в печать 00.00.2020 г.

Формат 70×100/16. Гарнитура Times New Roman. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 62.4. Тираж 2000 экз. Заказ № 0000/00000.

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами
в ООО «Амирит», 410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 88.

Тел.: 8-800-700-86-33 | (845-2) 24-86-33

E-mail: zakaz@amirit.ru

Сайт: amirit.ru