

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ТИПОЛОГИИ И МЕТОДИКИ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ

М. А. ГЛАЗОВСКАЯ

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ
ОСНОВЫ
ТИПОЛОГИИ И МЕТОДИКИ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ**

(Учебное пособие)

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
1964

М. А. ГЛАЗОВСКАЯ

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ТИПОЛОГИИ И МЕТОДИКИ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ**

2-е издание, с послесловием автора

“ОЙКУМЕНА”
Смоленск 2002

УДК 26.821.10
ББК 551.4
Г 52

Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. – Смоленск: Ойкумена, 2002. – 288 с.

В книге воспроизведен без изменений текст учебного пособия по курсу лекций “Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов”, который профессор М.А.Глазовская читала в 1960-70-х годах на географическом факультете Московского государственного университета.

В учебном пособии рассмотрены методологические основы классификации объектов ландшафтно-геохимических исследований, дана типология элементарных и местных геохимических ландшафтов, изложены принципы и основные методы их исследования, рассмотрен опыт общего и специального ландшафтно-геохимического картографирования. Автор подчеркивает значительную роль геохимии ландшафтов как “сквозного” метода изучения взаимосвязей и взаимодействия компонентов ландшафтов в природных и природно-техногенных геосистемах.

Автор в “Послесловии” дает оценку содержания книги с учетом развития геохимии ландшафтов в последующие годы 20-го века, ее современного состояния и перспективы дальнейшего развития.

ISBN 5-93520-013-9

ББК 551.4

© Глазовская М.А., 1964
© Послесловие: Глазовская М.А., 2002
© Эскиз переплета: Пузанова Т.А., 2002
© Оригинал-макет: “Ойкумена”, 2002

ПРЕДИСЛОВИЕ

Геохимия ландшафтов как наука имеет возраст всего лишь более полувека. Очень важно, что объект и предмет этой науки, понятийный аппарат и методы исследований были сформулированы ее создателями на самых первых этапах ее развития.

Такой классической работой, на которой в значительной мере базируется здание геохимии ландшафтов, явилась небольшая книга М.А. Глазовской “Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов” (1964). Как писала Мария Альфредовна в своем предисловии, она предназначалась для студентов географических факультетов вузов и для научных и практических работников, интересующихся геохимией ландшафтов. Богатый опыт почвовед-географа, геоморфолога, ландшафтоведа и геохимика позволил М.А. Глазовской в начале 60-х годов разработать удивительно ёмкие и абсолютно современные представления о строении и свойствах элементарных и местных ландшафтов, о типах геохимических сопряжений, фазах, формах и путях миграции веществ в ландшафтах, геохимических реликтах, монолитности и гетеролитности ландшафтов и геохимическую классификацию ландшафтов. Очень важно, что в этой книге впервые описаны методы ландшафтно-геохимических исследований (сопряженный анализ, профилирование, использование геохимических показателей, картографирование, построение геохимических диаграмм) и особенно ярко показана неразрывная связь геохимии ландшафтов с другими географическими науками.

В книге М.А. Глазовской впервые так полно и детально раскрыта суть сопряженного метода геохимического изучения ландшафтов, предложенного ее учителем – Б.Б. Польшиным. Если попытаться выделить главное, то это – дальнейшее развитие, по сути разработка основных принципов польиновской концепции системности и пространственной геохимической сопряженности ландшафтов.

Сейчас хорошо видно, что книга М.А. Глазовской послужила основой для развития ее представлений об элементарных и каскадных ландшафтно-геохимических системах, почвенно-геохимических катенах, ландшафтно-геохимических процессах и др. После Б.Б. Польшина Мария Альфредовна вместе с А.И. Перельманом возводила все здание геохимии ландшафтов, но главное, что следует из “Геохимических основ...”, – она еще в 60-х годах в наиболее целостном виде разработала учение о ландшафтно-геохимических системах.

“Геохимические основы...” давно стали библиографической редкостью. Однако книга очень нужна сейчас, т.к. во многих случаях современные исследования, особенно в теоретико-методическом плане, не достигают той глубины анализа, которая была присуща этой классической работе.

Книга “Геохимические основы...” издается без изменений, но мы имеем уникальную возможность сопроводить ее послесловием и комментариями автора, написанными почти через сорок лет после ее публикации.

Член-корреспондент РАН Н.С. Касимов

ВВЕДЕНИЕ

Геохимия ландшафтов изучает закономерности миграции химических элементов в географической оболочке Земли.

Теоретическое значение геохимии ландшафтов станет понятным, если вспомнить, что сущность взаимодействия и взаимосвязи между компонентами природы заключается в обмене материей и энергией и непрерывной трансформации их форм при переходе из одних природных тел в другие.

Геохимия ландшафтов, изучающая кругооборот элементов и формы их нахождения в сложных системах (порода – кора выветривания, наносы, почвы, грунтовые и поверхностные воды; атмосфера; живое вещество, т. е. во всем том, что в своей совокупности образует географический ландшафт), представляет тот метод, который позволяет установить сущность материальных взаимосвязей природных компонентов.

Геохимия ландшафтов имеет дело с закономерностями миграции вещества в той оболочке Земли, которая является местом жизни и деятельности людей.

Человек в своей практической деятельности, по мере развития производительных сил и прогресса общественных отношений, все в большей степени использует природные ресурсы и активно воздействует на природу.

Эта активная, преобразующая роль человека еще более возрастает в условиях коммунистического общества.

Грандиозные проекты добычи и разработки новых видов минерального сырья, изменения направления течения рек, проекты обводнения и осушения территорий, строительство во-

дохранилищ, применение новых видов удобрений, новых стимуляторов роста растений и химических средств борьбы с вредителями сельского хозяйства – все это и многое другое существенно изменяет как состав и соотношение, так и условия миграции химических элементов на поверхности Земли.

Человек, воздействуя даже на какую-либо одну сторону природных явлений, невольно вызывает, в силу существующих связей между телами и явлениями природы, цепь изменений, все звенья которой он не может предусмотреть или предотвратить, если он не знает сущности взаимосвязей между ними. Поэтому геохимия ландшафтов, раскрывающая закономерности кругооборота веществ в различных условиях поверхности Земли, представляет одну из тех отраслей знания, которая имеет большое практическое значение.

В настоящее время уже наметились некоторые области практического приложения геохимии ландшафтов.

Во-первых, это ландшафтно-геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых, закрытых рыхлыми наносами или лежащих в глубоких частях зоны выветривания. Эти методы основаны на выявлении геохимически аномальных ландшафтов, находящихся в сфере ореола рассеяния рудных залежей. Для подобных ландшафтов характерно повышенное содержание рудных элементов в почвах, растениях, водах, наносах. Зная закономерности миграции интересующих нас элементов в тех или иных физико-географических и геологических условиях, можно по форме, характеру и вещественному составу ореола рассеяния определить возможное местонахождение источника рассеяния данных элементов.

Поведение одних и тех же элементов существенно изменяется в зависимости от внешних условий миграции, т. е. от географической обстановки. В связи с этим перед географами и геологами, работающими в области геохимии ландшафтов, стоит задача изучения закономерностей миграции элементов в различных географических ландшафтах. Необходимо планомерно изучать геохимию конкретных территорий и оценивать

их перспективность для поисков месторождений и обоснования конкретной методики поисков. Изучение геохимии ландшафтов в поисковых целях предполагает составление специальных ландшафтно-геохимических прогнозных карт и ландшафтно-геохимическое районирование территории.

В настоящее время мы имеем по преимуществу обзорные, мелкомасштабные схемы ландшафтно-геохимического районирования (Перельман и Шарков, 1956; Перельман, 1960), которые можно рассматривать как теоретические предпосылки для проведения крупномасштабных работ. Кафедра географии почв и геохимии ландшафтов геофака МГУ имеет некоторый опыт крупномасштабных ландшафтно-геохимических исследований для поисков медноколчеданных руд Южного Урала (Глазовская, 1960, 1961). Изложение методики биогеохимических поисков (на основании изучения поведения элементов в системе почва – растение) дается в ряде работ А. П. Виноградова (1952), Д. П. Малюги и их сотрудников (1957), в работах С. М. Ткалича (1959); изучение миграции элементов в системе грунтовые воды – грунты – поверхностные воды в работах А. А. Бродского (1956) и его сотрудников, в системе горные породы – кора выветривания в исследованиях И. И. Гинзбурга (1938, 1946).

Во-вторых, методы геохимии ландшафтов широко применяются при проектировании и проведении орошения земель в аридных областях. Вовлечение в кругооборот веществ новых, не свойственных аридным ландшафтам масс воды, увеличение запасов и повышение уровня грунтовых вод при орошении, растворение и переход в подвижные формы легкорастворимых солей, находящихся в почвах и наносах, могут вызвать нежелательные явления вторичного засоления. Эти явления можно исключить или ограничить, если известны закономерности водной миграции легкоподвижных элементов в данных ландшафтных условиях. Исследования Б. Б. Польшова и его теоретические положения о формировании аккумулятивной хлоридно-сульфатной коры выветривания (1934), работы В. А. Ковды в области геохимии ландшафтов аридных областей СССР

(1946, 1947, 1954), работы В. М. Боровского о древней дельте р. Сыр-Дарьи (1958, 1959), исследования В. А. Егорова (1960) дельт рек Каспийского побережья, работы Н. И. Базилевич и Л. Е. Родина о такырах Туркмении (Такыры Западной Туркмении, 1956), исследования Л. К. Блинова гидрохимии Аральского моря (1956), А. А. Роде и А. Ф. Большакова комплексов Прикаспийской низменности (1959) и другие установили закономерности миграции солей в грунтах, грунтовых и поверхностных водах, почвах, растениях и приземных частях атмосферы пустынь. Выработанные методы исчисления солевого баланса для крупных естественно-географических областей, определение критической глубины грунтовых вод, вызывающих поверхностное засоление, установление особенностей биологического кругооборота веществ служат теоретическим обоснованием для проектирования и проведения мелиоративных работ в аридной зоне.

В-третьих, геохимия ландшафтов – это определение оптимальных норм и соотношений микроэлементов для жизни и здоровья людей, животных и растений.

Биогеохимические исследования академика А. Б. Виноградова (1949), В. В. Ковальского (1957) явились основанием для выделения на территории СССР провинций с избыточным или недостаточным содержанием некоторых элементов в почвах, водах и растениях и позволили связать с геохимией природной среды ряд эндемичных заболеваний людей, животных и растений.

Изучение ландшафтно-геохимических зон, областей, районов для того, чтобы установить соответствие существующих норм и соотношений элементов в ландшафтах оптимальным условиям жизни, связывает геохимию ландшафтов с физиологией и медициной.

В настоящее время перед человечеством встает проблема изучения вторичного рассеяния ряда радиоактивных элементов в результате их использования в промышленности, медицине, сельском хозяйстве. В связи с этим особую остроту при-

обретает изучение поведения и путей миграции именно этих элементов в ландшафтах различного типа для предотвращения и ликвидации явлений нежелательного рассеяния.

Возможны и многие другие аспекты практического приложения геохимии ландшафтов. Так, например, лесоразведение, подбор и смена лесных культур требуют знания не только экологии и физиологии растений, но также и учета особенностей биологического кругооборота веществ в различных типах лесных насаждений. Методика ландшафтно-геохимических исследований и описание результатов исследования биологического кругооборота веществ в лесах мы находим в работах А. И. Троицкого (1949), Н. П. Ремезова, Л. Н. Быковой и К. М. Смирновой (1959) и др.

Задачей будущего является геохимическая мелиорация ландшафтов, основанная, с одной стороны, на глубоком знании законов миграции элементов в данных природно-хозяйственных условиях и, с другой стороны, на знании тех требований, которые предъявляют живые организмы – человек, животные, растения к окружающей их ландшафтно-геохимической обстановке.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Методика исследования определяется прежде всего особенностями самого объекта исследования. Любые методические вопросы и приемы могут быть определены, если исследователю ясно, что и зачем он будет изучать.

Поэтому изложению методики исследования предшествует раздел о самих объектах исследования – ландшафтах, их структуре, типологии, а также о тех критериях, которые позволяют в природе отграничить один объект исследования от другого и определить конкретные методы их изучения.

Мы не задаемся целью осветить историю становления ландшафтоведения как науки, привести все многочисленные определения понятия ландшафта или рассмотреть все существующие взгляды на структуру, типологию и классификацию ландшафтов. Интересующиеся этими вопросами могут обратиться к специальной, весьма обстоятельной монографии А. Г. Исаченко (1953), к работам Н. А. Солнцева (1948, 1949) и ряду других.

Настоящее руководство показывает, как надо изучать ландшафты. Основоположник учения о геохимии ландшафтов Б. Б. Польшов, рассматривая существующие определения лан-

дшафта, в которых одной из главных характеристик является факт взаимодействия компонентов природной среды, писал: “Каждый элемент земной поверхности является местом взаимодействия между горными породами и организмами, причем во всех случаях в процессах этого взаимодействия принимают активное участие элементы атмосферы и энергия солнечных (космических) лучей. Но так как основным методологическим приемом естественнонаучного познания предметов и процессов является сравнение их, то в данном случае мы прежде всего должны разработать приемы сравнительного изучения различных элементов поверхности, отличающихся один от другого по эффектам и процессам указанного взаимодействия. Отсюда очевидно, что первые шаги на пути развития такой науки должны быть направлены к выяснению и выявлению основных единиц такого сравнения – своего рода географических индивидуумов. Пока география занималась описанием и являлась в полном смысле слова хронологической наукой, такой единицей описания с достаточным успехом мог служить ландшафт в понимании его прежними авторами. Но теперь, когда речь идет о сравнительном изучении динамических систем, когда новая наука... требует развития историко-генетического анализа, обязательного для каждой отрасли естествознания, мы предъявляем более строгие требования к географическим единицам. Они должны быть в наибольшей степени однородными на своем протяжении, т. е. в наибольшей степени приближаться к “неделимости”, ибо только в этом случае они будут представлять эффект наиболее определенных как по качеству, так и по количеству взаимодействий” (Польшов, 1956, стр. 494).

Следовательно, нашей первой задачей является выделение и типология наиболее однородных географических индивидуумов или, как их называл Б. Б. Польшов, “элементарных ландшафтов”.

Вторая задача заключается в рассмотрении различного рода сочетаний элементарных ландшафтов, представляющих более сложные ландшафтные единицы, и установлении принципов их типологии и систематики.

Глава I

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЛАНДШАФТЫ, ИЛИ ФАЦИИ

Определение понятия “элементарный ландшафт” (или фация)

Многие ученые в своих исследованиях приходили к выводу о необходимости выделения наиболее мелких определенных географических единиц. Б. Б. Польшов и И. М. Крашенинников при географических исследованиях в Монголии в 1926 г. ввели понятие об “элементарных географических единицах”, или “элементарных ландшафтах”. И. В. Ларин называл подобные мелкие единицы “микрорландшафтами” (1926). Д. И. Наливкин, говоря о современных фациях, определял их как области земной поверхности с одинаковыми физико-географическими условиями, флорой и фауной (1933). Л. Г. Раменский (1935) применил термин “энтотипий” для обозначения элементарной единицы ландшафта.

В. Н. Сукачев (1942) называл подобные элементарные участки биогеоценозами. По определению В. Н. Сукачева, биогеоценоз – “это всякий участок земной поверхности, где на известном протяжении биоценоз и отвечающие ему части атмосферы, гидросферы и педосферы остаются одинаковыми, имеющими однородный характер взаимодействия между ними и поэтому в совокупности образующие единый, внутренне взаимообусловленный комплекс” (1949, стр. 48). Л. С. Берг (1945)

для обозначения неразложимой единицы географии, биогеографии и геологии сохраняет термин “фация”. Этот же термин употребляет Н. А. Солнцев для обозначения элементарных составных частей географического ландшафта. Фация “должна обладать на всем пространстве одинаковой литологией, однообразным рельефом и получать одинаковое количество тепла и влаги (находиться в одинаковых гидротермических условиях). При таких условиях совершенно неизбежно на ее пространстве будут господствовать однообразный микроклимат, сформируется один вид почвы и расположится один биоценоз” (Н. А. Солнцев, 1949).

К. Г. Раман (1959) называет географические фации и их антропогенные модификации (т. е. контуры земельных угодий) географическими ландшафтами первого порядка или первой степени.

“...Элементарный ландшафт в своем типичном проявлении должен представлять один определенный элемент рельефа, сложенный одной породой или наносом и покрытый в каждый отдельный момент своего существования определенным растительным сообществом. Все эти условия создают определенную разность почвы и свидетельствуют об одинаковом на протяжении элементарного ландшафта развитии взаимодействия между горными породами и организмами” (Польшов, 1953). Критерием для определения площади элементарного ландшафта Б. Б. Польшов считал однородность почвы, так как почва – это тот компонент ландшафта, который возникает и развивается как результат взаимодействия между остальными компонентами и поэтому отражает как материальный состав компонентов, так и состояние процесса. Но если принять этот критерий, то сразу же возникает другой вопрос, что такое “однородность почвенного покрова”?

Б. Б. Польшов справедливо говорит, что все, кто производил в поле почвенную съемку, знают, что абсолютно тождественные почвенные профили встречаются как исключение. Даже на различных стенках одного и того же почвенного разреза можно

наблюдать изменения: в мощности горизонтов, глубине вскипания, границе выделения карбонатов и т. д. Так, почвы в лесу, взятые под кронами деревьев, близ стволов и между деревьями, значительно отличаются друг от друга. На лугах и болотах почвы под растительными кочками иные, чем между кочек. Для всех, кто работал в пустынных степях, хорошо известно, насколько резко изменяется характер почвенного профиля и растительного покрова под каждой сусликовиной. И тем не менее, эти изменения, иногда очень существенные, нельзя принимать за достаточные для выделения каждого пятна, каждой кочки или сусликовины в особый элементарный ландшафт.

А. И. Перельман (1962) предложил считать одним из критериев элементарного ландшафта отсутствие каких-либо внутренних причин, ограничивающих его размеры, поэтому элементарный ландшафт может занимать и малые и очень большие площади. Так, например, размеры озера, солончака, такыра, участка лессовой степной равнины, борových песков и т.д. могут изменяться в широких пределах от десятков квадратных метров до десятков, сотен и даже тысяч квадратных километров. В то же время такие образования, как отдельное дерево, сусликовина, растительная кочка, ограничены в своих размерах самой их природой. Последнюю категорию образований Б. Б. Польшов предложил называть структурными элементами или деталями ландшафта, а элементарный ландшафт определил как участок, на протяжении которого сохраняется не только тип, но и разность почвы или повторение таких сочетаний почв, которые обуславливаются сочетаниями определенных предельных элементов ландшафта.

Все сказанное выше позволяет сделать следующее заключение. Фация, биогеоценоз, энтопий или местоположение, элементарный ландшафт – это различные названия одного и того же объекта наиболее однородного и неделимого географического индивидуума.

В книге сохраним за этим объектом название элементарный ландшафт, следуя Б. Б. Польшову.

Но в качестве синонима термина “элементарный ландшафт” употребляется также и термин “ландшафтная фация” или просто “фация” как более короткий. Термину “фация” мы отдали предпочтение во второй главе книги, трактующей о комплексах и сочетаниях элементарных ландшафтов. В случае, когда речь идет о месте одного элементарного ландшафта по отношению к другому, их пространственной связи и соподчинении, каждый из этих элементарных ландшафтов представляет определенную часть или “фацию” более крупного и сложного географического объекта.

Три основные группы элементарных ландшафтов по Б. Б. Польшову

Разнообразие элементарных ландшафтов на земной поверхности велико, но по условиям миграции химических элементов Б. Б. Польшов объединял их в три главные большие группы:

- 1) элювиальные ландшафты;
- 2) субаквальные (подводные) ландшафты океанов, морей и континентальных водоемов;
- 3) супераквальные (надводные) ландшафты (рис. 1).

Элювиальные ландшафты формируются на повышенных элементах рельефа при глубоком залегании уровня грунтовых вод, не оказывающих влияния на почвы и растительность. В элювиальный ландшафт извне вещества поступают лишь из атмосферы (осадки, пыль), боковой приток с поверхностными и грунтовыми водами отсутствует. Кора выветривания в элювиальном ландшафте имеет остаточный характер; в процессе своего образования она обедняется легкоподвижными элементами и, если образование ландшафта идет в условиях тектонического покоя, может достигнуть большой мощности. Нормальная денудация, захватывающая лишь самую поверхность почв, хотя постепенно и вовлекает в процессы почвообразования более глубокие горизонты, но проходит

так медленно, что результаты ее могут быть заметны лишь через геологические промежутки времени.

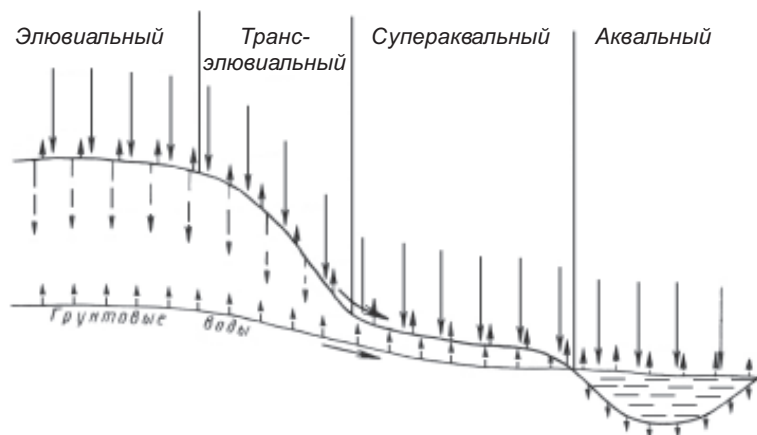


Рис. 1. Схема элементарных ландшафтов по Б. Б. Полюнову

Почвы, развивающиеся в элювиальных ландшафтах, обычно в той или иной степени промыты от легкорастворимых соединений.

В. В. Докучаев и Н. А. Сибирцев относили подобные почвы водораздельных поверхностей или, как они говорили, плакорных положений к зональным, нормальным почвам. С. С. Неуструев почвы элювиальных ландшафтов относит к группе автоморфных почв, подчеркивая этим отсутствие привноса в них веществ извне (за исключением тех, которые поступают из атмосферы).

В почвах элювиальных ландшафтов на большей или меньшей глубине формируются иллювиальные горизонты, в которых накапливаются вымываемые из верхней части профиля вещества. В определенных условиях часть веществ может выноситься до грунтовых вод. В последнем случае химический состав грунтовых вод в значительной степени зависит от характера процессов почвообразования.

Препятствием для выноса элементов из элювиального ландшафта является их активная (биологическая) аккумуляция и пассивная (абиогенная).

Необходимо отличать активную биологическую аккумуляцию элементов в ландшафте от аккумуляции абиогенной, пассивной. Первая обязана избирательному поглощению ряда элементов живыми организмами. Вторая является следствием чисто химических или физико-химических реакций, происходящих при испарении растворов, изменении реакции среды, обменных реакциях, сорбции ряда элементов коллоидами и т.д. Подобное разделение способов аккумуляции имеет существенное значение, так как ряды биологического и абиотического накопления элементов, как известно, различны.

В настоящее время нет методов (кроме общего анализа золы растений и сопоставления ее химического состава с составом пород или почв), которые бы с достоверностью позволили определить, прошел ли данный элемент через живой организм. Применение в геохимии ландшафтов методов масс-спектрографии и определение изотопического состава элементов, поглощаемых живыми организмами, позволят определять степень “биогенности” того или иного элемента, накапливающегося в почвенной толще.

Растительность элювиальных ландшафтов активно противостоит выносу ряда минеральных элементов. В условиях борьбы с выносом необходимых элементов происходит отбор растительных форм, способных противостоять этому процессу.

Даже в очень “жестких” элювиальных условиях влажного тропического леса верхние горизонты почв обогащены относительно подстилающих пород элементами, участвующими в биологическом кругообороте веществ. Ряд макро- и микроэлементов, которые удерживаются в сфере биологического кругооборота, остаются и даже накапливаются в подстилках, торфах и гумусовых горизонтах почв.

В элювиальных ландшафтах глубокое положение уровня грунтовых вод и активный водообмен обуславливают господ-

ство окислительной среды в почвах и в коре выветривания. Поэтому здесь облегчается вынос тех элементов, которые дают более растворимые соединения при высоких степенях окисления (сера, мышьяк, молибден, ванадий и др.) и, наоборот, затруднен вынос элементов, окисленные соединения которых малоподвижны (железо, марганец и др.).

Итак, элювиальные ландшафты, по определению Б. Б. Полынова, характеризуются “залеганием на водоразделах, независимостью процесса почвообразования от грунтовых вод, отсутствием притока материала путем жидкого и твердого бокового стока, наличием расхода материала путем стока и просачивания, составом растительности, приспособленной к борьбе с просачиванием и выносом минеральных элементов, формированием в профиле почв иллювиальных горизонтов, а в течение длительных геологических периодов – остаточных форм древней коры выветривания” (1953).

Субаквальные (подводные) ландшафты делятся на две существенно различные группы: субаквальных ландшафтов морей и океанов и континентальных субаквальных ландшафтов.

Мы оставляем без рассмотрения первую группу субаквальных ландшафтов, так как и закономерности их формирования и методика исследования весьма специфичны. В изучении подводных ландшафтов морей и океанов в последние десятилетия сделаны большие успехи.

Немалая роль принадлежит здесь и советским географам, океанологам, биогеографам, геологам моря. На основании исследований В. Г. Богорова (1960) вырисовываются общие закономерности взаимосвязей и взаимодействия подводных ландшафтов океанов и особенности их географического распределения.

Исследования В. В. Петрова (1959) в шельфовой полосе Кавказского побережья Черного моря положили начало ландшафтному исследованию этого бассейна. Это первая попытка выделить на дне моря различные элементарные ландшафты по совокупности характерных для них компонентов и связать

особенности ландшафтов не только с глубиной водоема, но и с особенностями геологии и поверхностного стока прилегающих побережий.

Субаквальные, или водные, континентальные ландшафты тесно генетически связаны с элювиальными ландшафтами, находящимися в бассейне водо- и солесбора. Субаквальные ландшафты по комплексу условий миграции элементов совершенно противоположны элювиальным.

В отличие от элювиальных ландшафтов, в которых отсутствует привнос веществ с твердым и жидким стоком, в субаквальных ландшафтах этот способ становится основным: донные почвы непрерывно погребаются под новым наносом, представляющим материал, сносимый из соседних элювиальных ландшафтов. Вместе с водой в водоем поступают все новые и новые порции выносимых из элювиальных ландшафтов подвижных элементов. Именно эти элементы с наибольшей миграционной способностью накапливаются в почвах дна водоемов.

Биоценозы субаквальных ландшафтов также специфичны. Плотность и геохимические особенности организмов водоемов в значительной мере определяются количеством поступающих в водоем вод и составом растворенных в них веществ.

Очень своеобразны в субаквальных ландшафтах процессы разложения органических остатков, идущие в анаэробных условиях и сопровождающиеся образованием сапропелей.

В зависимости от степени проточности водоема, богатства организмами на дне его и в придонных слоях создаются или окислительные или восстановительные условия, последние существенно изменяют миграционную способность многих элементов.

Таким образом, в самом водоеме, несмотря на его геохимическую зависимость от элювиальных ландшафтов, создается свой, особый тип миграции элементов между компонентами субаквального ландшафта.

Супераквальные (надводные) ландшафты формируются на пониженных элементах рельефа, в условиях,

где грунтовые воды подходят близко к поверхности и по капиллярам могут подниматься до корнеобитаемого слоя. Для них, так же как и для субаквальных ландшафтов, кроме поступления веществ из атмосферы, характерен приток химических элементов с твердым и жидким стоком из соседних элювиальных ландшафтов. Поэтому в супераквальных ландшафтах химический состав наносов, почв, золы растений зависит не только от подстилающих пород, но главным образом от химического состава грунтовых вод, формирующегося в областях стока за счет выноса ряда веществ из элювиальных ландшафтов.

При внутрипочвенном испарении грунтовых вод растворенные в них вещества накапливаются в наносах, почвах, поглощаются растительностью и обуславливают специфические геохимические черты всего ландшафта. Избыток относительно подвижных элементов, “сбрасываемых” из элювиальных ландшафтов, сказывается и на облике почв и на характере и сложении растительных сообществ. Часто растения находятся в условиях избытка некоторых химических элементов. Поэтому здесь развиваются специфические биоценозы с организмами, приспособленными для жизни в условиях избытка подвижных элементов. Наиболее типичным примером супераквального ландшафта на минерализованных водах являются солончаки с галофитной растительностью. На жестких водах формируются богатые карбонатами луговые почвы с растительностью, изобилующей различными видами бобовых растений. На водах с избыточным содержанием кремния развиваются ландшафты низинных тростниковых или камышевых болот или зарослей хвоща–растений, потребляющих особенно большое количество кремнезема, а среди низших растений здесь изобилуют диатомовые водоросли, кремневые скелеты которых буквально переполняют верхние горизонты почв.

Таким образом, супераквальные ландшафты, подобно субаквальным, геохимически подчинены элювиальным ландшафтам солесборного бассейна.

Дополнительные группы элементарных ландшафтов, или фаций

Три основные группы элементарных ландшафтов, описанные выше, далеко не исчерпывают всего разнообразия реально существующих элементарных ландшафтных единиц, с которыми приходится иметь дело исследователю. Это разнообразие обусловлено углами наклонов, величиной, абсолютной и относительной высотой различных элементов рельефа. Элювиальные ландшафты склонов, где возможен привнос элементов твердого и жидкого стока, находятся в существенно иных условиях, чем элювиальные ландшафты плоских водораздельных поверхностей; условия миграции веществ у подножья склона иные, чем в его верхних частях; ландшафты поймы, периодически подвергающиеся затоплению, нельзя отнести к типичным супераквальным, они испытывают попеременно то субаквальный, то супераквальный режим; супераквальные и субаквальные ландшафты замкнутых бессточных бассейнов отличаются от им подобных, находящихся в условиях проточных грунтовых и поверхностных вод.

Таким образом, возникает необходимость, кроме основных групп элементарных ландшафтов, выделить дополнительные.

В классификациях почв Б. Б. Польшова (1933), И. П. Герасимова, А. А. Завалишина и Е. Н. Ивановой (1939) было введено понятие о рядах почвообразования, отвечающих различным условиям увлажнения почв.

Предлагаемую этими исследователями терминологию и связанные с ней понятия можно в значительной мере расширить и применить к элементарным ландшафтам, находящимся в различных условиях рельефа и водного режима, а, следовательно, отличающимся характером выноса и привноса химических элементов и направлением перемещения элементов или преимущественно вертикальным или вертикальным и боковым.

На рис. 2 показано распределение элементарных ландшафтов, или фаций. На приведенной схеме видно, что в автономных элювиальных фациях, приуроченных к плоским водораз-

дельным участкам, привнос элементов идет из атмосферы, а вынос происходит преимущественно в вертикальном направлении, боковой приток элементов отсутствует. Эти элювиальные фации независимы от окружающих – они автономны.

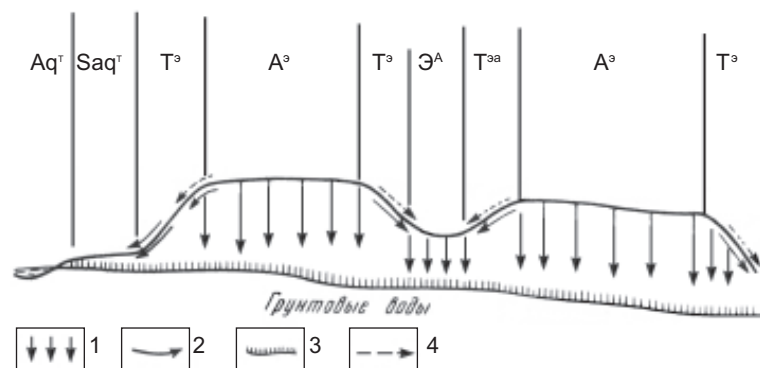


Рис. 2. Схема распределения элементарных ландшафтов по рельефу: A^2 – автономный элювиальный, T – трансэлювиальный; T^a – элювиально-аккумулятивный; Saq – транссупераквальный; Aq – трансаквальный (реки), Aq – аквальный; перенос веществ с влагой, просачивающейся сквозь толщу почв и рыхлых отложений: 1 – в вертикальном направлении, 2 – в боковом; 3 – горизонт грунтовых вод с каймой капиллярно-подпертой влаги; 4 – перенос веществ в твердом виде

Выпуклые вершины и верхние, более крутые выпуклые части склонов заняты фациями **т р а н с э л ю в и а л ь н ы м и**. Для них характерен привнос элементов не только из атмосферы, но и с боковым твердым и жидким стоком. Унос элементов совершается не только в вертикальном направлении, но и вдоль склона в связи с осыпанием, оползанием материала и перемещением поверхностных и внутрипочвенных вод с растворенными в них веществами. Здесь остается маломощный, часто грубообломочный элювиально-дефлюкционный или элювиально-делювиальный материал, в котором сохраняются лишь наименее подвижные при данных биоклиматических условиях продукты выветривания и почвообразования.

Нижние части вогнутых склонов и дно открытых сухих ложков – это область не только выноса, но и частичной аккумуляции, как продуктов твердого, так и продуктов жидкого стока. Это участки **т р а н с а к к у м у л я т и в н ы х** фаций. Здесь более мощны и более мелкоземисты рыхлые отложения, в них частично накапливаются выносимые из автономных элювиальных и трансэлювиальных фаций те или иные, подвижные в данных биоклиматических условиях, химические элементы и их соединения.

Так, например, в условиях степного мелкосопочника Казахстана или Забайкалья в почвах и наносах трансаккумулятивных фаций накапливаются карбонаты кальция, в то время как в автономных элювиальных и трансэлювиальных фациях почвы и наносы бескарбонатны.

В лесостепной зоне Забайкалья, где условия увлажнения лучше, карбонаты кальция не задерживаются даже в трансаккумулятивных фациях склонов. Но зато здесь мы наблюдаем вынос из фаций верхних частей склонов соединений кремнезема и аккумуляции его в натечных формах на щебне и более крупных обломках пород в почвах и наносах трансаккумулятивных фаций нижних частей склонов. В данном случае последние будут аккумулятивными фациями по отношению к части соединений кремнезема и транзитными по отношению к карбонатам кальция. Территории, издавна используемые в земледелии, часто характеризуются наличием в нижних частях склонов террасовидных уступчиков, целиком образованных снесенным в результате ускоренной эрозии гумусовым горизонтом почв. Это особые трансаккумулятивные фации, хорошо маркируемые и формами рельефа и почвами с необычной мощностью гумусового горизонта.

Кроме трансаккумулятивных, представляется необходимым выделение ряда **а к к у м у л я т и в н о – э л ю в и а л ь н ы х** фаций. Они приурочены к замкнутым понижениям, но с хорошим дренажем и глубоким залеганием грунтовых вод. Приносимые в депрессию твердые вещества аккумулируются здесь.

Что касается подвижных воднорастворимых соединений, то они могут лишь частично задерживаться в почвенном профиле благодаря явлениям сорбции или биологическому поглощению. Большая часть их при избыточном поверхностном увлажнении выносится в глубокие части вертикального профиля ландшафта, часто до грунтовых вод. В элювиально-аккумулятивных ландшафтах депрессий вследствие притока к ним с соседних повышенных поверхностных вод вынос ряда веществ в вертикальном профиле может быть выражен гораздо сильнее, чем в автономных элювиальных фациях. В степях и пустынях, где осадков мало, а перераспределение их по элементам рельефа выражено особенно резко, участки аккумулятивно-элювиальных фаций представляют собой единственные места, где атмосферные воды могут смыкаться с грунтовыми. Г. Н. Высоцкий, рассматривая закономерности формирования почвенно-грунтовых вод, называл подобные участки “потускулами” и ввел особое понятие о потускулярном питании грунтовых вод.

Примерами аккумулятивно-элювиальных фаций могут быть степные западины, падины, замкнутые котловины среди песков или моренного рельефа, замкнутые понижения, обремененные своим образованием известковому, солевому или рудному карсту.

Субаквальные ландшафты лучше называть аквальными, или водными. Термин “акральные” указывает на то, что речь идет не только о донных отложениях и подводных почвах, но обо всем водоеме в целом, включая даже и надводную его часть (состав воздуха над акваториями может быть существенно иным, чем над соседними ландшафтами суши).

В пределах группы аквальных элементарных ландшафтов можно выделить два основных ряда, отличающихся по условиям притока и оттока веществ: ряд аквальных фаций замкнутых бессточных водоемов и ряд трансаквальных фаций рек и проточных озер.

Подобное же разделение следует произвести и в группе супераквальных ландшафтов. Здесь можно выделить ряд надводных (или гидрогенных) фаций, связанных со стоячими или

очень слабо проточными водами, и ряд трансупераквальных фаций, в образовании которых участвуют проточные воды с активным водообменом.

В условиях, где резко выражены сезонные изменения водного режима, выделяются промежуточные ряды фаций. Так, например, во время половодья фации речных пойм принадлежат трансаквальному ряду, а в межень – трансупераквальному; их можно выделить в специальный ряд элементарных поемных ландшафтов или поемных фаций. Подобная же смена режима наблюдается в некоторых замкнутых депрессиях. Например, ландшафты лиманов или соров в определенные периоды года или в некоторые влажные годы превращаются в водоемы, а затем высыхают и характеризуются супераквальным режимом. Подобные ландшафты можно выделить в особый лиманный ряд.

При сильном колебании уровня грунтовых вод по сезонам года или в сухие и влажные годы многие ландшафты испытывают то супераквальный, то элювиальный режим. Таковы ландшафты многих надпойменных речных и озерных террас, замкнутых понижений. Они могут быть выделены в особый ряд промежуточных элювиально-супераквальных фаций, характеризующихся резкой сменой условий миграции элементов по сезонам года и по более продолжительным (11-летним, 36-летним) периодам.

Можно было бы привести и многие другие примеры подобного же изменения режима. Например, исчезающие и вновь появляющиеся озера Западно-Сибирской низменности; реки Казахстана с непостоянным течением, разбивающиеся на плесы или по временам исчезающие совсем; низменные побережья Северного Каспия, заливаемые во время морян водой на многие десятки километров. Следы их периодического аквального этапа существования фиксируются в особенностях почв и растительности; изредка на горизонте среди безбрежной степи в десятках километров от моря вдруг возникает силуэт старого рыбацкого парусника, занесенного сюда во время моряны.

Все эти и многие другие элементарные ландшафты обладают специфическими особенностями и должны выделяться в особые ряды, отличные от ландшафтов, с длительно сохраняющимся или относительно слабо изменяющимся режимом миграции элементов.

К вопросу об обычном годовом режиме геохимической жизни ландшафтов мы вернемся несколько позже.

Мощность и вертикальный геохимический профиль элементарных ландшафтов

Всякий элементарный ландшафт имеет определенную площадь (о критериях выявления которой говорилось выше) и объем с той или иной вертикальной составляющей. Последняя может быть показателем мощности ландшафта.

Под мощностью элементарного ландшафта (вне зоны распространения вечной мерзлоты) мы понимаем расстояние от поверхности верхнего яруса растительности данного ландшафта до нижней границы потока грунтовой воды. В этих пределах формируется определенный вертикальный профиль современных ландшафтов.

Нижняя граница горизонта грунтовой воды или зоны дренирования с активным водообменом может находиться на различной глубине и зависит главным образом от степени и глубины расчленения рельефа. Относительное превышение поверхности данного элементарного ландшафта над дном местных водоемов (а в случае бессточных территорий над самой низкой точкой данной местности) может быть приблизительным показателем мощности вертикального профиля данного элементарного ландшафта. Очевидно, что только в пределах этой зоны современного активного водообмена атмосферных, грунтовых и поверхностных вод осуществляется миграция элементов, между местными элементарными ландшафтами может происходить вынос элементов из глубоких частей зоны окисления и появление их в супераквальных и аквальных ландшафтах на поверхности, а

в случае глубокого залегания грунтовых вод – снос вещества в твердом и в жидком виде в элювиально-аккумулятивные ландшафты депрессии. Только в пределах этой зоны создается геохимическое сопряжение между рядами элементарных ландшафтов, лежащих в области местных водоразделов, склонов и депрессий.

Что касается верхнего предела каждого элементарного ландшафта, то он менее четок. Возможно ограничение его поверхностью, образованной растительным покровом, так как химический состав и физическое состояние воздуха внутри данного растительного биоценоза обычно тесно связаны с данным ландшафтом (вспомним воздух соснового леса, сфагнового верхового болота, тугайных лесов по берегам рек).

Над растительным покровом в условиях свободной циркуляции идет смешение воздушных масс различных элементарных ландшафтов; образуются воздушные массы с химическим составом, свойственным более крупным ландшафтно-территориальным единицам, вплоть до ландшафтных областей и в более общих чертах целых ландшафтных зон.

Что касается собственно аквальных ландшафтов, то, по-видимому, дно водоемов также не является их нижней границей, так как химический состав донных отложений и заключенные в этих отложениях инфильтрационные воды имеют тесную геохимическую связь с процессами, происходящими в свободных водах данного водоема.

В районах распространения льдистой вечной мерзлоты мощность ландшафтов резко сокращается и ограничивается надмерзлотной толщей, в которой и происходят все геохимические процессы.

Все сказанное выше позволяет заключить, что различные типы элементарных ландшафтов имеют различную мощность и различное строение вертикального профиля.

А. И. Перельман (1955), рассматривая закономерности дифференциации веществ в ландшафте, подчеркивал резкую неоднородность химического состава вертикального профиля ландшафтов и наличие в нем ряда ярусов или горизонтов.

Два противоположных процесса определяют основные геохимические черты вертикального профиля ландшафтов. С одной стороны, – это процесс биологического поглощения, вследствие которого ряд элементов, захватывающихся корнями растений в глубоких частях профиля, передвигается вверх и накапливается там в живых телах и органо-минеральных комплексах. С другой стороны, – это частичный вынос элементов с атмосферными осадками в более глубокие части вертикального профиля или, в условиях достаточного увлажнения, в грунтовые воды.

В надземной части вертикального профиля ландшафта, образованного живыми растениями и связанных с данным фитоценозом животными, мы имеем особые геохимические ассоциации элементов – это ассоциации элементов-органогенов, общих для всех живых организмов и специальных для отдельных видов растений или животных. Соединения тех же элементов, но в летучих формах обуславливают специфический состав приземного воздуха.

Так как геохимические черты этой части вертикального профиля ландшафтов в существенной мере связаны с живым веществом, то ее можно выделить в особый *ярус живого вещества*.

Ниже располагается почвенная толща, мощность которой мы отождествляем с корнеобитаемым слоем.

Биологический кругооборот веществ, формирование особых органо-минеральных соединений, образующихся при разложении и гумификации растительных остатков, представляют здесь в большинстве случаев ведущий процесс.

В почвенной толще особенно сложны и многообразны процессы взаимодействия между живым и мертвым веществом. Здесь возникает особая стратификация почвенных горизонтов, каждый из которых обладает особыми геохимическими ассоциациями элементов и особыми формами их соединений. Это сфера специфических почвенно-геохимических процессов, так называемый *почвенный ярус*.

Часть элементов, не участвующая в данный момент в биологическом кругообороте, но находящаяся благодаря выветриванию и почвообразованию в подвижных формах, может быть вынесена глубже корнеобитаемого слоя.

Здесь плотность живого вещества и его роль резко уменьшаются. Сохраняются лишь в небольшом количестве немногие группы микроорганизмов.

В этом ярусе ландшафта биологический кругооборот веществ значительно сужен и не столь довлеет над всеми геохимическими процессами.

Элементы, которые прошли через биологические барьеры двух верхних ярусов (яруса живого вещества и почвенного), попадая в более глубокие части профиля ландшафта, передвигаются в толще пород или наносов в большей степени по чисто химическим и физико-химическим законам. Здесь идут реакции обмена, выпадения из растворов, сорбции, гидролиза, окисления, т. е. все те процессы, которые мы объединяли понятием выветривания. Этот ярус можно назвать *ярусом коры выветривания*. Здесь происходит разрушение первичных минералов, синтез или выпадение из растворов вторичных соединений. Геохимические особенности этой части профиля зависят от количества, концентрации, состава и глубины проникновения поступающих сверху из почвенного яруса растворов, а также от характера процессов, протекающих в пределах самой толщи коры выветривания.

Соотношение процессов привноса элементов, освобождения из первичных и вторичных минералов и выноса их приводит к формированию сложного геохимического профиля коры выветривания и расчленению ее на ряд горизонтов.

Нижний ярус геохимического профиля ландшафта – это *ярус грунтовых вод*. Геохимические особенности последнего определяются количеством и составом поступающих сверху элементов, химическими особенностями водовмещающих пород или наносов и режимом вод. Режим вод определяет окислительно-восстановительные условия и скорость химических реакций в толще, заполненной водой.

Над уровнем грунтовых вод располагается более или менее мощный горизонт капиллярно подпертой влаги, пропитывающей нижнюю часть толщи коры выветривания. Эта часть профиля находится в условиях супераквального режима и резко отличается от остальных горизонтов коры выветривания.

Мощность этого супераквального горизонта, несущего признаки катагенетических геохимических процессов, свойственных пограничным зонам двух различных сред, может быть велика, так как уровень грунтовых вод колеблется по годам и сезонам года. Во многих случаях амплитуда колебания уровня грунтовых вод достигает нескольких метров. В последнем случае этот горизонт по мощности и степени геохимической расчлененности может рассматриваться как особый ярус, который можно назвать *ярусом катагенеза или катагенетическим*¹.

Итак, подобно почвенному профилю, слагающемуся из ряда генетических горизонтов, профиль ландшафта состоит из ряда связанных в своем происхождении ярусов. Обычными ярусами для элювиальных и супераквальных ландшафтов являются: ярус живых растений, ярус почвенный, ярус коры выветривания (того или иного типа), ярус почвенных или грунтовых вод.

Чередование определенных ярусов элементарного ландшафта, их состав, мощность являются результатом происходящих в ландшафте процессов миграции веществ, и поэтому именно эти признаки – главные показатели, которые должны учитываться при диагностике и классификации элементарных ландшафтов.

¹ Термин “катагенез” был предложен А. Е. Ферсманом, а позднее уточнен А. И. Перельманом (1959), который предложил объединить понятием катагенеза изменения внутри толщи выветривающихся пород или рыхлых наносов, связанные с воздействием древних горизонтов грунтовых вод. По-видимому, изменения в толщах пород, связанные с воздействием современных грунтовых вод, также следует называть катагенетическими.

Соотношение выноса и накопления элементов в различных ярусах вертикального профиля элементарных ландшафтов, состав характерных для каждого яруса химических элементов и их соединений определяются, с одной стороны, внутренними свойствами элементов и, с другой стороны, зависят от ряда внешних факторов.

Зная условия миграции элементов и свойства последних, можно предвидеть многие результаты их перемещения в ландшафтах.

Учитывая условия миграции элементов, мы можем предварительно, до проведения всесторонних геохимических исследований, систематизировать объекты исследования, разделить их на определенные группы и таким образом выработать наиболее рациональный план и методику их исследования. Ниже мы рассмотрим значение различных внешних факторов миграции элементов для систематики различных групп элементарных ландшафтов, т. е. тех географических индивидуумов, из которых складываются все более сложные ландшафтные единицы. Это первый и необходимый этап в разработке рациональной классификации более сложных ландшафтных единиц.

Факторы расчленения вертикального геохимического профиля элювиальных ландшафтов

В группе элювиальных элементарных ландшафтов формирование геохимического вертикального профиля зависит от ряда факторов. Главные из них: 1) характер и амплитуда биологического кругооборота веществ; 2) характер и амплитуда части геологического кругооборота веществ (показателем которой может быть мощность зоны выщелачивания); 3) скорость геохимических процессов.

Рассмотрим значение названных факторов в формировании вертикального профиля элювиальных элементарных ландшафтов.

Характер и амплитуда биологического кругооборота веществ

Живое вещество – совокупность растительных и животных организмов – сосредоточено в верхних ярусах ландшафта, в его надземной части и верхних горизонтах почв. Живому веществу, особенно зеленым растениям как аккумуляторам солнечной энергии, принадлежит исключительно важная геохимическая роль в ландшафтах. Значение живого вещества в геохимических процессах, как показали исследования В. И. Вернадского, Б. Б. Польнова, В.Р. Вильямса, очень велико. Биологический кругооборот веществ, рассматриваемый на протяжении геологических эпох, определяет в значительной мере миграцию атомов в биосфере.

Совокупность живых организмов определяет не только облик и геохимию верхних ярусов ландшафта, но в значительной мере влияет на весь его геохимический профиль. Степень и характер этого влияния определяются плотностью живого вещества, мощностью сферы его распространения, характером распределения между надземной и подземной частями ландшафта и соотношением элементов, находящихся в форме живого и мертвого органического вещества (в виде подстилок, торфа, почвенного гумуса).

Все эти признаки могут быть использованы при геохимической классификации ландшафтов, так как за ними скрываются определенные типы биологического кругооборота элементов.

По характеру верхнего органического яруса элювиальные ландшафты можно разделить на пять главных групп.

Первая группа – это формация низших растений – бактерий, грибов, актиномицетов, водорослей, обитающих на поверхности или в трещинах скал, снега, льда, на поверхности и в толще рыхлых наносов, не заселенных высшей растительностью. Их биологическая масса мала, но благодаря быстро идущим жизненным циклам геохимическая роль их может быть достаточно ощутима.

Вторая группа – это мохово-лишайниковые или лишайниковые формации, в которых количество органических веществ очень мало (единицы тонн на 1 га) и сосредоточено почти исключительно в надземной части живых организмов, небольшая часть органических веществ находится в виде неразложившихся остатков в подстилках; органические вещества в форме гумуса почти отсутствуют; размах биологического кругооборота веществ по вертикали измеряется несколькими сантиметрами.

Третья группа объединяет травянистые формации. Здесь при значительных запасах органического вещества, измеряемых десятками тонн на гектар, основная масса живого органического вещества находится в корнях, распространяющихся до глубины 1,5-2,0 и даже 3,5 м. Отношение подземной части живого органического вещества и надземной составляет здесь 1,5-2,5. Запасы мертвого органического вещества, находящегося в форме гумусовых веществ в почвах, обычно превышают общее количество живого вещества, находящегося в данный момент в ландшафте. Амплитуда биологического кругооборота веществ составляет обычно 2-4 м. Количество органических остатков, поступающих ежегодно в виде опада на поверхность почвы и при отмирании корней в более глубокие горизонты, примерно одинаково.

Четвертая группа – это разнообразные кустарниковые формации, в которых количество живого органического вещества и соотношение его с гумусом близко к травянистым формациям. В отличие от последних, распределение живого вещества здесь несколько иное. Массы корней и надземных частей растений примерно равны друг другу. Глубина распространения корней может достигать десяти и более метров; таким образом, в кустарниковых формациях вертикальный размах биологического кругооборота еще более возрастает по сравнению с травянистыми формациями. Поступление отмершего органического вещества происходит главным образом на поверхность почвы.

Пятая группа – это ландшафты с лесным типом растительности. Здесь запасы живого органического вещества достигают наибольшей величины и измеряются сотнями, а в некоторых случаях тысячами тонн на гектар. Основная масса живого вещества сосредоточена в надземной части. Стволы деревьев и их сомкнутые кроны поднимаются над поверхностью земли на 20-30, а в некоторых типах леса на 50-60 м. Корни древесных растений углубляются обычно до 5-6 м, достигая в отдельных случаях 10-15 м. Таким образом, в лесу вертикальная амплитуда биологического кругооборота веществ наибольшая. Запасы мертвого органического вещества в виде подстилок и почвенного гумуса составляют лишь небольшую долю от общего запаса органических веществ в ландшафте. Поступление отмершего органического вещества происходит главным образом на поверхность почвы в виде наземного опада.

Названные пять типов растительных формаций отличаются не только по общему количеству вовлекаемых в биологический кругооборот воздушных мигрантов (CO_2 , O_2 , H_2O , N_2) и распределению их в верхних ярусах ландшафта, но также и по составу основных зольных элементов и их соотношению. Известно, что зола мохово-лишайниковой растительности бедна основаниями, что зола древесных растений содержит, как правило, больше кальция, чем калия, в то время как в золе большинства травянистых растений калий значительно преобладает над кальцием. Относительное содержание кремнезема, алюминия, фосфора также существенно изменяется в золе растений различных формаций.

Мощность зоны выщелачивания и ее соотношение с другими ярусами элементарных ландшафтов

Просачивающиеся в толщу почвы и коры выветривания атмосферные осадки обуславливают вынос веществ в глубокие части профиля и в грунтовые воды. *Та часть вертикального профиля ландшафта, в которой осуществляется перемеще-*

ние веществ вниз под влиянием атмосферных осадков, называется зоной выщелачивания. Ее мощность и соотношение с ярусами элементарного ландшафта могут быть показателями степени проявления элювиального процесса и могут служить в качестве классификационных признаков при типологии элювиальных элементарных ландшафтов. Для определения степени проявления элювиального процесса следует принимать во внимание соотношение *наиболее обычной глубины проникновения поступающей сверху атмосферной влаги с глубиной распространения ризосферы и с глубиной залегания горизонта грунтовых вод.* Все разнообразие возможных случаев можно свести к трем главным.

1. Часть атмосферной влаги и растворенных в ней веществ проникает до уровня грунтовых вод, питает последние и определяет в значительной мере их химический состав. В данном случае грунтовые воды связаны с геохимическими процессами, происходящими во всей толще вертикального геохимического профиля данного ландшафта.

До уровня грунтовых вод выносятся самые подвижные соединения. Труднорастворимые соединения могут задерживаться в нижней части почвенного профиля и в коре выветривания, располагаясь сверху вниз по мере возрастания их подвижности, определяемой различной степенью растворимости элементов, их способностью к адсорбции, обменным реакциям и т. д. Части профиля, где в силу тех или иных причин химические соединения выпадают из растворов, выделяются в виде иллювиальных горизонтов почв и коры выветривания.

Элювиальные ландшафты, в которых атмосферные воды периодически или постоянно достигают уровня грунтовых вод, можно называть пермацидными или элювиальными ландшафтами полного профиля.

2. В условиях, где атмосферная влага проникает глубже нижней границы ризосферы, но не достигает уровня грунтовых вод, образуются импермацидные элювиальные ландшафты или элювиальные ландшафты неполного про-

филя. В вертикальном профиле подобных ландшафтов у нижней границы проникновения атмосферных осадков обычно образуются горизонты накопления даже относительно подвижных элементов.

Химизм грунтовых вод импермацидных ландшафтов не связан с почвообразованием данного места. Он складывается главным образом за счет процессов гидролиза, растворения, окисления и восстановления, происходящих в толще водовмещающих пород. Отчасти химический состав грунтовых вод подобных ландшафтов может формироваться за счет поступления атмосферной влаги из соседних участков с пермацидным режимом (например, из элювиально-аккумулятивных ландшафтов, получающих дополнительное увлажнение за счет притока поверхностных вод).

3. В аридных областях, где испаряемость значительно превышает количество выпадающих осадков, атмосферная влага часто не проникает глубже корнеобитаемого слоя; перемещение элементов идет лишь на небольшую глубину в пределах почвенного профиля.

Подобные элементарные ландшафты мы предлагаем называть *поверхностно-элювиальными* или *элювиальными ландшафтами укороченного профиля*. В этих ландшафтах даже самые легкоподвижные продукты выветривания и почвообразования остаются в пределах почвы, снова и снова участвуя в биологическом кругообороте веществ.

Геохимически инертный, или, как его назвал Г. Н. Высоцкий (1933), “мертвый” горизонт отделяет здесь верхнюю почвенную часть профиля от глубоко лежащей нижней его части, испытывающей воздействие грунтовых вод. Над уровнем грунтовых вод благодаря испарению последних в ярусе катагенеза идет накопление ряда легкоподвижных элементов.

Кроме названных выше элювиальных ландшафтов, можно выделить еще одну группу специфических *импермацидных*, или *поверхностно-элювиальных мерзлотных*, ландшафтов, в которых вынос веществ вглубь огра-

ничен близким залеганием постоянно мерзлого слоя. В условиях мерзлоты вынос веществ возможен лишь из трансэлювиальных фаций при наличии бокового стока растворов по мерзлому водоупорному слою. В условиях равнинного рельефа при отсутствии дренажа создается обычно супераквальный режим.

На рис. 3 дано схематическое изображение различных по степени пермацидности элементарных элювиальных ландшафтов.

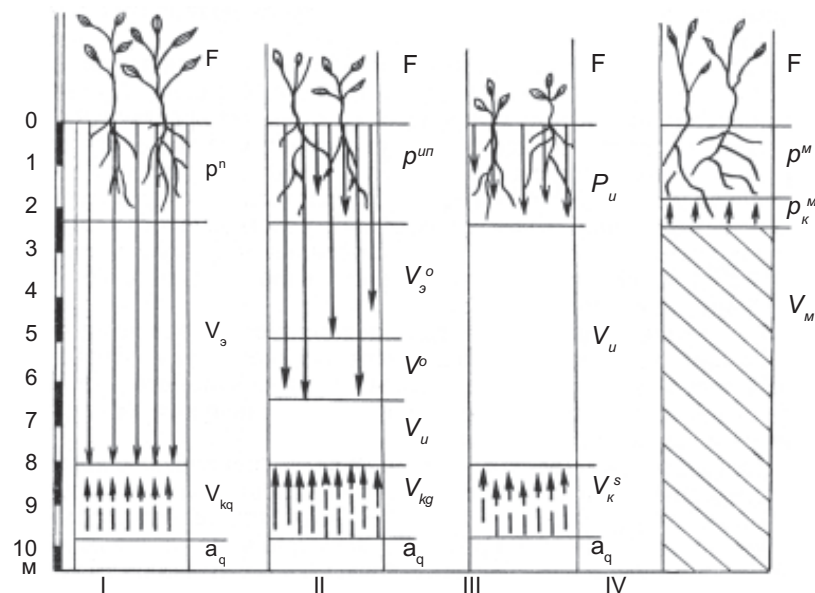


Рис. 3. Вертикальные профили элювиальных ландшафтов: I—пермацидный; II—импермацидный, III—поверхностно-импермацидный; IV—мерзлотный импермацидный. Ярусы и горизонты: F—живого вещества; P^n —почвенный пермацидный; P^{im} —почвенный импермацидно-пермацидный; P^u —почвенный поверхностно-импермацидный; P^m —почвенный импермацидный мерзлотный; P_k^m —почвенный мерзлотный, катагенетический. Ярус коры выветривания: V_s^o —горизонт выщелачивания; V^o —выщелачивания и частичного обогащения; V_u —катагенеза с оглеением; V_k^s —катагенеза с соленакоплением; a_q —грунтовых вод, V_u —импермацидный; V_m —мерзлотный.

Элювиальный пермацидный ландшафт, где атмосферные воды в определенные периоды года доходят до уровня грунтовых вод, состоит из:

1) яруса живого вещества; 2) почвенного яруса с системой генетических горизонтов элювиального и элювиально-иллювиального; 3) яруса коры выветривания с системой горизонтов выщелачивания, селективного выщелачивания и частичного обогащения; 4) яруса катагенетического с горизонтами, различающимися по степени оглеенности, 5) горизонта грунтовых вод, геохимически связанных со всеми верхними ярусами ландшафта.

Элювиальный импермацидный ландшафт, в котором атмосферные воды проникают периодически ниже почвенного яруса, но не достигают грунтовых вод, аналогичен по своему строению верхней части профиля элювиального пермацидного ландшафта. Различия начинаются в подпочвенном ярусе, в коре выветривания, в которой не выражен горизонт выщелачивания, но имеются горизонты селективного выщелачивания и частичного обогащения, куда проникает часть осадков, и горизонты обогащения, где растворы,двигающиеся сверху, иссыкают. Между нижней границей распространения атмосферных вод и ярусом катагенеза лежит геохимически инертный горизонт, ниже идет ярус катагенетический с горизонтами оглеения и частичного обогащения и ярус грунтовых вод, геохимически связанных лишь с нижними катагенетическими горизонтами вертикального профиля.

Поверхностно-элювиальные ландшафты, в которых атмосферные воды иссыкают в пределах почвенной толщи, характеризуются следующим строением. Вслед за ярусом живого вещества располагается почвенный ярус с системой гумусовых и иллювиальных горизонтов, далее следует мощный геохимически инертный ярус, сменяющийся над горизонтом грунтовых вод ярусом обогащения – катагенетическим Ярус грунтовых вод геохимически независим от процессов, происходящих в верхних ярусах ландшафта, за исключением катагенетического.

Элювиальные мерзлотные ландшафты в нижней части почвенного яруса или в коре выветривания имеют постоянно мерзлый горизонт. Над ним формируется более или менее мощный горизонт катагенеза, являющийся одновременно в трансэлювиальных ландшафтах и горизонтом выщелачивания.

В ландшафтах, образующихся с отчетливо выраженным годовым циклом климатических явлений (резко изменяющийся гидротермический режим, развитие сезонной мерзлоты, резкие колебания уровня грунтовых вод, появление горизонтов верховодки), строение вертикального профиля представляет сложную картину. В этих условиях формируется ряд промежуточных ярусов и горизонтов, испытывающих в разное время года различный режим.

Однако при умелом геохимическом анализе вертикального профиля, можно по его строению восстановить годичный ход геохимических процессов.

Скорость геохимических процессов

Возможность выноса тех или иных элементов из элювиального ландшафта, а также их биологического поглощения определяется при одних и тех же степенях увлажнения формами их нахождения в ландшафте: устойчивыми (защищенными от выноса) в виде первичных минералов или живого органического вещества и подвижными, легко переходящими при наличии влаги в коллоидально или молекулярно-растворимые формы.

Скорость выветривания первичных и вторичных минералов, а также темп гумификации и минерализации органических остатков определяют возможности большей или меньшей интенсивности кругооборота веществ в ландшафте. Эти процессы находятся в тесной зависимости от гидротермической обстановки.

В свое время Е. Раманн¹ (1911), учитывая различную степень диссоциации воды при разных температурах и неодина-

¹ Цитируем по В.Р.Волобуеву, 1953

ковую продолжительность активного периода в течение года, вычислил “фактор выветривания” для разных поясов Земли (табл. 1).

Таблица 1

Фактор выветривания по Е. Раманну

| Пояса | Средняя температура почвы | Относительная диссоциация воды* | Длительность выветривания в днях | Фактор выветривания |
|-------------|---------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| Арктический | 10 | 1,7 | 100 | 170 |
| Умеренный | 18 | 2,4 | 200 | 480 |
| Тропический | 34 | 4,5 | 360 | 1620 |

* Диссоциация при 0° принята за единицу

Приведенные цифры имеют относительное значение и справедливы только для ряда ландшафтов, находящихся в одних и тех же условиях увлажнения, но, тем не менее, они отчетливо показывают различия в скорости химических реакций в различных термических поясах Земли, а вследствие этого и различную подвижность химических элементов.

В. Р. Волобуев (1960), применивший интересный метод исчисления энергетики почвообразования в различных гидротермических условиях Земли, дает следующие величины затрат энергии на почвообразование: в тундрах и пустынях – 2000-5000 *кал/см²* в год, в лесах и степях умеренного пояса – 10000-40000 *кал/см²* в год, во влажных тропических лесах – 60000-70000 *кал/см²* в год.

Здесь приводятся цифры, вычисленные иным путем, чем в вышеприведенной таблице Е. Раманна. Но мы видим, что относительные различия в энергетике почвообразования и в факторе выветривания различных поясов Земли одни и те же. В тропических лесах по сравнению с тундрой и фактор выветривания Е. Раманна и затраты энергии по В. Р. Волобуеву увеличиваются примерно в 10 раз.

Эти различия находят отражение прежде всего в формах остаточной коры выветривания: маломощной обломочной в арктическом поясе, где господствуют первичные формы мине-

ралов, и элементы обладают слабой растворимостью; сиаллитной в умеренно холодном поясе, где часть наименее стойких первичных минералов разрушена и часть элементов приобрела в силу этого подвижность; сиаллитной оглиненной в умеренно теплом поясе, где происходит значительно более интенсивное выветривание, и наряду с удалением ряда растворимых продуктов наблюдается их накопление в форме устойчивых при данных термодинамических условиях вторичных глин; сиаллитно-аллитной в субтропическом и аллитной в тропическом поясах. В последнем случае происходит разрушение не только первичных, но частично и вторичных минералов до состояния свободных гидратов окислов, и большая часть элементов, входящих в состав горных пород, находится в подвижном состоянии.

Значительны различия в термических поясах в ежегодном приросте органического вещества, в скорости гумификации и минерализации органических остатков. Так, например, в условиях тундры или северной части таежной зоны деятельность микроорганизмов так ограничена, что даже небольшое количество ежегодно поступающего опада (несколько центнеров на 1 га) не успевает за год гумифицироваться. Часть растительных остатков сохраняется на поверхности почвы в виде подстилки. Возврат элементов в почву происходит медленно. И темп, и размах биологического кругооборота здесь весьма малы. В условиях влажного тропического леса картина иная: ежегодный наземный опад в 30–50 и более тонн успевает за год не только гумифицироваться, но в значительной мере и минерализоваться; поэтому элементы, поглощенные растительностью, вновь приобретают подвижность и могут участвовать в новых биологических циклах, в процессах выветривания и вторичного минералообразования.

Таким образом, миграционная способность одних и тех же элементов в разных термических поясах Земли существенно различна, что не может не сказаться на характере дифференциации веществ, как в вертикальном профиле элювиальных ландшафтов, так и в геохимически сопряженных рядах ландшафтов.

Принципы классификации элементарных элювиальных ландшафтов

Первая геохимическая классификация автономных ландшафтов предложена А.И. Перельманом (1960–1961). Ее основные таксономические единицы и критерии для выделения этих единиц представлены в табл. 2.

Наибольшее таксономическое значение А. И. Перельман придает формам движения материи и на основании этого выделяет два ряда ландшафтов: абиогенный и биогенный. Далее в ряду биогенных ландшафтов он наибольшее значение придает биологическому кругообороту веществ и, в частности, той его части, которая связана с фотосинтезом. На основании различий в биологическом кругообороте последовательно выделяются следующие три таксономические ступени: 1) группы ландшафтов, отвечающие четырем растительным формациям, – лесной, травянистой, мохово-лишайниковой и водорослевой формации низших растений; 2) типы ландшафтов, отвечающие основным типам растительности; 3) семейства ландшафтов, соответствующие зональным подтипам растительности и почв.

Мы вполне согласны с А. И. Перельманом в его основных тезисах о том, что форма движения материи является наиболее существенным таксономическим признаком, а биологическая форма движения имеет наибольшую значимость. Но при классификации ландшафтов необходимо учитывать соотношение различных форм движения, в значительно большей степени, чем это представлено в приведенной таблице.

Во-первых, трудно провести границу между абиогенными и биогенными ландшафтами, так как на поверхности Земли нет мест, не заселенных живыми организмами. Льды, снега и скалы Арктики и Антарктики, высочайшие горные вершины служат местом обитания многочисленных групп микроорганизмов. Это области преимущественного распространения формации низших. Поэтому выделение абиогенного и биогенного рядов практически затруднительно.

Таблица 2

Основные таксономические единицы геохимической классификации ландшафтов (по А. И. Перельману)

| Наименование единицы | Критерий для выделения |
|----------------------|---|
| Ряд ландшафтов | Форма движения материи (физическая, химическая, биологическая), с которой связана миграция элементов в ландшафте |
| Группа ландшафтов | Биологический кругооборот воздушных мигрантов, соотношение между общей массой живого вещества и ежегодной продукцией живого вещества, типы организмов, осуществляющих кругооборот |
| Тип ландшафта | Биологический кругооборот воздушных мигрантов, ежегодная продукция живого вещества, скорость разложения мертвых остатков организмов |
| Семейство ландшафтов | Продукция живого вещества в пределах типа |
| Класс ландшафтов | Типоморфные элементы и ионы водной миграции |
| Род ландшафта | Интенсивность водообмена и механической миграции |
| Вид ландшафта | Миграция второстепенных элементов |

Во-вторых, в пределах биогенного ряда группы ландшафтов различны по степени “биогенности” (сравним водорослевую или мохово-лишайниковую формации такыров с лесной экваториальной).

Поэтому будет последовательным как при выделении наиболее крупных таксономических единиц (групп ландшафтов), так и более мелких (типов ландшафтов) учитывать соотношение между биологическим и геологическим кругооборотами веществ. При этом надо иметь в виду, что в первом (биологическом кругообороте) преобладают биологические формы движения материи (но участвуют также и физико-химические и химические), во втором (геологическом) на первое место выступают физические, химические, физико-химические формы (однако это не исключает участия в этих процессах и биологических форм, так как значительная часть геологического кругооборота протекает в биосфере). Таким образом, употребляя термины “биологический кругооборот” и “геологический кругооборот” мы подразумеваем лишь преобладающие в данном случае формы движения материи.

Типы и подтипы элементарных элювиальных ландшафтов

Основной классификационной единицей является тип элементарного ландшафта. Типы можно объединять в более крупные группы и подразделять на более мелкие таксономические единицы.

Элементарные ландшафты, объединяемые в один тип, должны обладать одинаковым соотношением биологического и геологического кругооборота веществ и одинаковой скоростью геохимических процессов.

Выше мы рассмотрели ряд факторов формирования геохимического профиля элювиальных ландшафтов и убедились, что сходные геохимические профили могут образоваться при сходстве по крайней мере трех факторов: характера и амплитуды биологического кругооборота веществ; мощности зоны выщелачивания и соотношением ее с глубиной проникновения корней растений и уровнем грунтовых вод; одинаковом энергетическом потенциале ландшафтов, определяющем скорость выветривания, прироста органической массы и минерализации органических веществ.

Все эти три фактора выступают на равных правах и должны учитываться в равной степени при выделении типов элементарных элювиальных ландшафтов.

Общую схему классификации элювиальных ландшафтов можно представить в виде таблицы (табл. 3), каждая клетка которой объединяет элювиальные ландшафты одного типа.

Как видно из заголовков основных граф таблицы, в качестве показателя названных выше условий миграции приняты географические критерии: различным типам биологического кругооборота соответствуют типы растительных формаций, скорость геохимических процессов изменяется по географическим поясам Земли, а интенсивность проявления элювиального (геологического) процесса (степень пермацидности ландшафтов) изменяется в зависимости от влажности климата. В таб-

лице выделены далеко не все типы ландшафтов, а лишь главные, широко распространенные и известные.

При более детальном рассмотрении вопроса можно было бы, например, между темнохвойной тайгой на сиаллитной коре с подзолистыми почвами и широколиственными лесами на сиаллитной оглиненной коре с бурыми лесными почвами поставить еще один тип смешанных хвойно-широколиственных лесов на сиаллитной, слабооглиненной коре с дерново-подзолистыми или, возможно, псевдоподзолистыми почвами.

Между типами широколиственных лесов на бурых лесных почвах и вечнозеленых субтропических лесов на красноземах находится еще один тип смешанных листопадно-вечнозеленых лесов на желто-бурых почвах и т. д.

Так как критерием для выделения различных элементарных ландшафтов являются почвы, то число типов элементарных ландшафтов должно примерно соответствовать числу типов почв. Однако полного совпадения здесь может и не быть, так как объем понятия “почвенный тип” не для всех выделяемых в настоящее время типов почв выдерживается достаточно строго. То же самое относится и к типам растительности. Справедливо замечает А. И. Перельман (1962), что, несмотря на значение геоботанической классификации для геохимической и совпадения их в отдельных звеньях, полной аналогии может и не быть в силу того, что очень важные геохимические признаки ландшафтов (например, наличие мерзлоты) не учитываются в геоботанических классификациях.

Можно еще добавить следующее, что на основании почвенной и особенно геоботанической классификации учитывается строение и состав верхних ярусов ландшафта, а не весь его вертикальный профиль.

В настоящее время мы располагаем лишь отрывочными материалами, рисующими строение всего профиля различных элювиальных ландшафтов. Накопление фактического материала позволит уточнить как объем групп, объединяющих различные типы, так и геохимическую характеристику последних.

Классификация элювиальных

| Интенсивность элювиального процесса | Элювиальные ландшафты полного профиля, пермацидные | | | Элювиальные ландшафты неполного профиля, мерзлотные | | | Элюви |
|-------------------------------------|--|--|---|---|--|------------------------|--|
| | Тип накопления | | | | | | |
| Скорость кругооборота веществ | лесной ЖН>ЖК>Г* | кустарниковый ЖН=ЖК=Г** | травянистый ЖН<ЖК<Г*** | лесной ЖН>ЖК>Г | кустарниковый ЖН=ЖК=Г | травянистый ЖН<ЖК<Г | мохово-лишайниковый ЖН≈Г**** |
| Низкая | | | субарктические луга, сиаллитная (обломочная) кора выветривания, дерновые субарктические почвы | | | | мохово-лишайниковая тундра, сиаллитная обломочная кора, торфянистые тундрово-глеевые почвы |
| Ниже средней | темнохвойная тайга, сиаллитная кора выветривания, подзолистые почвы | верещатники, сиаллитная кора выветривания, подзолистые почвы | лесные, сиаллитная кора выветривания, дерново-подзолистые почвы | светлохвойная тайга, сиаллитная кора выветривания, мерзлотные дерново-палевые почвы | остепенные луга, сиаллитно-карбонатная кора выветривания, мерзлотные черноземовидные почвы | | |
| Средняя | широколиственные леса, сиаллитная оглиненная кора выветривания, бурые лесные почвы | | прерии, сиаллитная оглиненная кора выветривания, черноземовидные почвы | | | | |

элементарных ландшафтов

| альные ландшафты неполного профиля, пермацидные | | | Элювиальные ландшафты укороченного профиля (импермацидные поверхностные) | | | |
|--|--|--|--|---|--|----------------------------------|
| органического вещества | | | | | | |
| лесной ЖН>ЖК>Г | кустарниковый ЖН=ЖК=Г | травянистый ЖН<ЖК<Г | лесной ЖН>ЖК>Г | кустарниковый ЖН=ЖК=Г | травянистый ЖН<ЖК<Г | волорослево-лишайниковый ЖН=Г |
| | | | | кустарниковая тундра, сиаллитная обломочная кора выветривания, тундрово-глеевые почвы | | |
| широколиственные и мелколистственные леса, сиаллитно-карбонатная кора выветривания, серые лесные почвы | | луговые и разнотравно-злаковые степи, сиаллитно-карбонатная кора выветривания, черноземы | | | | |
| субтропические жестколиственные леса, сиаллитно-карбонатная кора выветривания, коричневые почвы | субтропические жестколиственные кустарники, сиаллитно-карбонатная кора выветривания, серо-коричневые почвы | | сухие кустарниковые степи, сиаллитно-карбонатно-сульфатная кора выветривания, каштановые почвы | | сухие степи, сиаллитно-карбонатно-сульфатная кора выветривания, каштановые и бурые почвы | |

| Интенсивность элювиального процесса | Элювиальные ландшафты полного профиля, пермацидные | | Элювиальные ландшафты неполного профиля, мерзлотные | | Элюви | |
|-------------------------------------|---|----------------------------|---|-------------------|--------------------------|------------------------|
| | Тип накопления | | | | | |
| Скорость кругооборота веществ | лесной ЖН>ЖК>Г* | кустарниковый ЖН≈ЖК≈Г** | травянистый ЖН<ЖК<Г*** | лесной ЖН>ЖК>Г | кустарниковый ЖН≈ЖК≈Г | травянистый ЖН<ЖК<Г |
| Высокая | субтропические влажные леса, сиаллитно-аллитная кора выветривания, красноземы | | субтропические прерии, сиаллитно-аллитная кора выветривания, красновато-черные почвы прерий | | | |
| Очень высокая | влажные тропические леса, аллитная кора выветривания, оподзоленные латеритные почвы | | высокотравные саванны, аллитная кора выветривания, красные почвы | | | |

* Много в живом органическом веществе, в надземной его части, умеренно в живом органическом веществе в корнях, мало в форме гумуса (ЖН>ЖК>Г)

** Умеренно в живом органическом веществе, в надземной и подземной части, мало в форме гумуса (ЖН≈ЖК≈Г)

В пределах каждого типа элементарного ландшафта можно выделить, по крайней мере, четыре подтипа по принадлежности ландшафта к тому или иному ряду: автономный элювиальный, трансэлювиальный, трансаккумулятивный, аккумулятивно-элювиальный.

| альные ландшафты неполного профиля, пермацидные | | | Элювиальные ландшафты укороченного профиля (импермацидные поверхностные) | | | |
|--|--------------------------|---|---|---|--|--|
| органического вещества | | | | | | |
| лесной ЖН>ЖК>Г | кустарниковый ЖН≈ЖК≈Г | травянистый ЖН<ЖК<Г | лесной ЖН>ЖК>Г | кустарниковый ЖН≈ЖК≈Г | травянистый ЖН<ЖК<Г | водорослево-лишайниковый ЖН≈Г |
| тропические сухие леса, ферритно-аллитная кора выветривания, красно-коричневые почвы | | сухие саванны, ферритно-сиаллитно-сульфатная кора выветривания, красные почвы | саксауловые леса, хлоридно-сульфатная кора выветривания, примитивные такеридные почвы | солянковые пустыни, хлоридно-сульфатная кора выветривания, серо-бурые и примитивные пустынные почвы | пустынные степи, карбонатно-сульфатная кора выветривания, сероземы | водорослево-лишайниковые такеры, хлоридно-сульфатная кора выветривания |
| | | | | тропические сухие кустарники, сиферритно-карбонатная кора выветривания, красновато-коричневые почвы | | |

*** Умеренно в живом органическом веществе, в надземной части меньше, чем в корнях, много в форме гумуса (ЖН<ЖК<Г)

**** Очень мало в надземной части и живом органическом веществе, очень мало в форме гумуса (ЖН≈Г)

Так, например, массив широколиственного леса, находящийся на сиаллитно-карбонатной коре выветривания с серыми лесными почвами на плоском водоразделе, где вынос элементов возможен преимущественно в вертикальном направлении, массив подобного же леса, расположенный на оползне-

вом или дефлюкционном склоне, где наряду с выносом веществ вниз идет их перемещение (как в твердом, так и в растворенном виде) вдоль склона, и массив подобного же леса, но находящийся в депрессии рельефа (в прибалочных водосборных понижениях среди степи), представляют: автономный элювиальный, трансэлювиальный и аккумулятивно-элювиальный подтипы одного и того же типа. Внимательное изучение вертикального профиля каждого из них позволяет установить ряд различий в мощности и составе ярусов этих ландшафтов. Автономный элювиальный ландшафт черноземной степи на водораздельной равнине и трансэлювиальные степные ландшафты эродированных или опасных в эрозионном отношении склонов принадлежат разным подтипам одного и того же типа.

Основанием для отнесения ландшафтов к различным подтипам должно быть не только положение их по элементам рельефа, хотя последнее и является очень существенным диагностическим моментом. В случае, если положение на склоне или в депрессии рельефа не сопровождается боковым выносом или привносом веществ в твердом или жидком виде, ландшафты этих элементов рельефа могут принадлежать одному типу и подтипу автономных элювиальных ландшафтов. Подобный случай может наблюдаться на песчаных массивах, где породы и почвы настолько хорошо водопроницаемы, что движение растворов и веществ на всех элементах рельефа идет вертикально вниз.

Наоборот, на слабопроницаемых породах значительно меньшее расчленение может вызвать появление трансэлювиальных, трансаккумулятивных и аккумулятивно-элювиальных подтипов или даже особых типов ландшафтов.

Анализ внешних условий миграции, характер рельефа, водопроницаемость почв и пород и даже непосредственные наблюдения над стоком – все это критерии для выделения подтипов, однако главным является анализ вертикального геохимического профиля ландшафтов, в котором запечатлеваются происходящие в ландшафтах процессы миграции элементов.

Классы и подклассы элементарных элювиальных ландшафтов

Следующая таксономическая единица, выделяемая в пределах подтипов, – это класс элементарных ландшафтов. Классы и подклассы элементарных ландшафтов, принадлежащие одному подтипу, отличаются один от другого по составу и свойствам исходных пород или наносов.

Химический состав пород и наносов имеет большое значение в геохимии ландшафтов. Содержащиеся в породах макроэлементы создают определенный геохимический фон, на котором разворачиваются все процессы миграции, и, в частности, водная миграция элементов.

По соотношению главных макроэлементов породы можно разделить на: 1) кремнеземистые; 2) кремне-глиноземные, бедные основаниями; 3) кремне-глиноземные, богатые основаниями; 4) кремне-глиноземные, богатые сульфидами; 5) карбонатные; 6) соленосные (обогащенные сульфатами и хлоридами); 7) углеродистые (табл. 4).

Первые шесть групп пород образуют ряд, в котором от первых членов к последним все более увеличивается содержание наиболее подвижных, мигрирующих в водных растворах элементов.

Группы ландшафтов, отличающиеся по составу типоморфных (наиболее подвижных) элементов водной миграции (т.е. по классу водной миграции), А.И. Перельман называет классами ландшафтов и обозначает их по составу типоморфных элементов, например: Са-класс, Na-класс, Na-H₂S – класс и т.д.

В зависимости от состава элементов водной миграции ландшафты отличаются сильно друг от друга.

Именно на этом свойстве ландшафтов основано выявление геохимически аномальных, необычных для данной территории ландшафтов, приуроченных к породам с рудной минерализацией того или иного типа.

Подклассы элементарных ландшафтов выделяются в пределах классов по особенностям минералогического состава и физическим свойствам пород и рыхлых наносов.

Таблица 4

Основные группы пород, характерных для различных классов и подклассов элементарных ландшафтов

| Цикл миграций | Химический состав | | | | | | |
|---------------|---|---|---|--|---|---|--------------------------|
| | кремнеземистые | кремне-глиноземные | | | карбонатные | хлоридно-сульфатные | углеродистые |
| | | бедные основаниями | богатые основаниями | богатые сульфидами | | | |
| Ортоэлювий | кварцевые жильные породы, кварциты | кислые изверженные породы | основные и ультраосновные изверженные породы | изверженные породы с сульфидной минерализацией | первичные известковые породы | вулканогенные осадочные породы с первичным засолением | |
| Параэлювий | яшмы, опоки, трепелы, кварцевые песчаники | глинистые сланцы, аркозовые песчаники | слюдистые и хлоритовые сланцы, железистые песчаники | осадочные породы с сульфидной минерализацией | известняки, мергели | гипсоносные и соленосные осадочные породы | битуминозные сланцы |
| Неоэлювий | кварцевые пески | каолиновые глины, бедные полевыми шпатами | монтмориллонитовые, бейделитовые глины, слюдистые пески | соленые грязи, илы, обогащенные сульфидами | карбонатные наносы (глины, суглинки, пески) | засоленные глины, суглинки, пески | битумы, сапропели, торфы |

Различия в формах нахождения элементов в исходных породах и наносах. При рассмотрении закономерностей образования различных типов остаточной коры выветривания Б. Б. Польнов выделял три рода элювиальных образований (рис. 4).

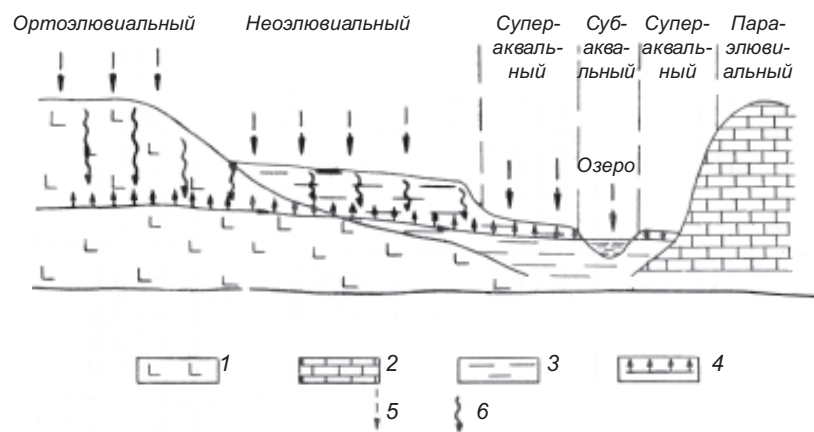


Рис. 4. Схема распределения различных типов и родов элементарных ландшафтов: 1 – кора выветривания изверженных пород; 2 – кора выветривания осадочных пород; 3 – рыхлые наносы; 4 – горизонт грунтовых вод с каймой капиллярно-подпертой влаги; 5 – атмосферная влага; 6 – перенос веществ с влагой, просачивающейся сквозь толщу коры выветривания и рыхлых наносов

Ортоэлювий образуется на первичных (изверженных) породах; в исходной породе элементы находятся в форме первичных минералов, большинство которых малоустойчиво в термодинамической обстановке поверхности Земли. При выветривании минералов элементы вступают в первичный в зоне гипергенеза цикл миграции.

Параэлювий характерен для осадочных пород, в которых часть минералов имеет вторичное вадозное происхождение, а группа первичных минералов представлена наиболее стойкими по отношению к процессам выветривания формами соединений.

Одна часть вадозных минералов (например, вторичные глинные минералы, халцедоны, опалы) также может быть очень устойчивой, геохимически инертной.

Другая часть вадозных минералов, наоборот, может обладать большой растворимостью и подвижностью и опреде-

лять геохимические особенности ландшафта (как, например, кальцит, гипс и др.).

Неоэлювий связан с молодыми рыхлыми наносами четвертичного и отчасти третичного возраста. В прошлом эти наносы представляли аккумулятивную кору выветривания того или иного типа, а затем, вследствие новейших тектонических движений, были выведены из областей аккумуляции и в настоящее время занимают водораздельные положения. В вертикальном профиле неоэлювиального ландшафта часто можно видеть реликтовые геохимические черты, обязанные своим появлением предшествующим стадиям его развития. Накопившиеся в прошлом элементы и их соединения вступают в неоэлювиальных ландшафтах в третий, а может и больший цикл гипергенной миграции.

Физические и физико-химические свойства пород и в особенности их водные свойства существенно влияют на миграцию элементов в ландшафте. Особенно большое значение имеют влагоемкость и водопроницаемость пород, их воздухопроницаемость, их капиллярные свойства и сорбционная способность. В зависимости от водных свойств изменяется глубина и скорость просачивания атмосферных осадков, а отсюда меняется и соотношение между вертикальным и боковым, поверхностным и внутригрунтовым стоком, скорость водообмена в грунтовой потоке, мощность катагенетических горизонтов, связанных с каймой капиллярно-подпертой влаги.

Если порода обладает хорошей адсорбционной способностью, то миграция веществ в толще ее сопровождается обменными реакциями, существенно изменяющими и состав и концентрацию как водных, так и воздушных мигрантов.

В качестве примера подклассов можно представить себе пермацидный автономный неоэлювиальный ландшафт соснового бора на кварцевых песках и автономный ортоэлювиальный пермацидный ландшафт соснового бора на гранитах.

Во многих случаях химические свойства пород или наносов, а также их физические свойства настолько резко изменя-

ют все условия миграции элементов, что это вызывает не только изменения в пределах подтипов, но и появление различных типов, отличающихся, как характером биологического кругооборота веществ, так и глубиной проникновения атмосферных осадков и скоростью процессов выветривания.

Так, например, обычно нахождение в одной местности автономных пермацидных неоэлювиальных ландшафтов песчаных боров (на бедных кварцевых песках) и автономных импермацидных неоэлювиальных ландшафтов черноземных степей на лессовидных карбонатных суглинках. Это не только разные классы, но и разные типы ландшафтов.

Таблица 5

Примерная группировка пород по водофизическим и адсорбционным свойствам

| Влагоемкость и адсорбционные свойства | Водопроницаемость | | |
|---------------------------------------|---|--|---------------------------------|
| | хорошая | средняя | слабая |
| Слабые | сильнопористые или сильнотрещиноватые породы, пески, супеси | среднетрещиноватые и среднепористые породы | массивные нетрещиноватые породы |
| Средние | — | суглинки | — |
| Высокие | торф | — | глины |

Может возникнуть вопрос, почему столь важный признак, как химический и минералогический состав пород принимается во внимание при выделении классов и подклассов, а не более крупных таксономических единиц, как, например подтипов (последние выделяются по принадлежности к различным рядам ландшафтов – автономных, трансэлювиальных, аккумулятивных и т. д.).

Основанием этому служит следующее обстоятельство: в процессе развития комплекса элементарных ландшафтов в течение длительного периода их существования разница между подтипами, находящимися в различных условиях выноса и привноса элементов, все более и более возрастает. В некоторых случаях в древних ландшафтах подтипы одного типа мо-

гут превратиться в различные самостоятельные типы. Геохимические различия между подтипами, связанные с миграцией веществ, все более и более увеличиваются.

Что касается изменения во времени различных классов ландшафтов, развивающихся в одном и том же ряду (автономном, аккумулятивном), т. е. принадлежащих одному подтипу, но на разных породах, то по мере существования ландшафта и увеличения его возраста различия между классами ландшафтов в большинстве случаев сглаживаются.

Так, например, известны геохимические различия элювиальных лесных ландшафтов на карбонатах и на кремне-глиноземных породах. Первые характеризуются обилием широколиственных пород, пышным травяным покровом, особыми перегнойно-карбонатными почвами; для вторых характерны хвойные или смешанные леса, часто моховой покров, кислые подзолистые почвы. Чем моложе ландшафты, тем эти различия резче. Но и тот и другой ландшафты находятся в условиях пермидного режима, а скорость растворения карбонатов известковых пород больше, чем скорость выветривания первичных кальцийсодержащих минералов в кремнеглиноземных породах. Поэтому по мере увеличения возраста ландшафта, растворения и выноса карбонатов кальция над известняками формируется в итоге остаточная сиаллитная кора выветривания с оподзоленными почвами, изменяется состав леса и характер травяного покрова, различия между исходными ландшафтами уменьшаются.

На древних денудационных поверхностях, покрытых мощной корой выветривания, уже с трудом можно различить классы ландшафтов, приуроченные к литологически различным породам.

В данном случае древняя кора выветривания со значительно снивелированными первоначальными различиями в породах выступает как единый субстрат, в котором развиваются современные геохимические процессы.

Обратимся к рассмотрению значения геохимической истории ландшафтов для современных процессов.

Геохимическая история ландшафтов

В отечественной литературе можно найти ряд примеров исторического подхода к объяснению геохимических особенностей современных ландшафтов. Первыми по времени являются исследования ландшафтов Донских песков, проведенные Б.Б.Полыновым (1926). Среди более поздних работ можно назвать: исследования процессов континентального соленакопления в озерах и почвах Кулунды И.П.Герасимова и Е.Н.Ивановой (1934); исследования геохимии ландшафтов Барабинской низменности Н.И.Базилевич (1953); анализ истории формирования ландшафтов Прикаспийской низменности В.А.Ковды (1950); палеогеография Центрального Тянь-Шаня М.А.Глазовской (1956); история формирования Сыр-Дарьинской впадины В.Л.Боровского (1958); изучение древних почв пустынь Средней Азии А.И.Перельмана (1959) и ряд других.

В ряду многочисленных вопросов, которые возникают при историческом подходе к трактовке геохимических ландшафтов, мы остановимся лишь на некоторых, имеющих наибольшее значение.

Один из наиболее ярких геохимических реликтов в ландшафтах – древняя кора выветривания. На территории СССР она имеет довольно широкое распространение и на больших площадях выходит на современную поверхность (на Урале, в Казахстане, в Забайкалье и ряде других мест).

Древняя кора выветривания образовалась в жарком влажном климате в доюрское и третичное время. По своей геохимической природе она соответствует ландшафтам влажных тропиков и субтропиков и геохимически не соответствует современному степному и лесостепному или лесным ландшафтам умеренных широт. С древней корой выветривания часто связаны вторичные месторождения (никелевые руды, бокситы, бурые железняки).

В периоды оживления тектонических движений и эрозии древняя кора выветривания размывалась и переотлагалась в местных

депрессиях рельефа. Здесь в условиях супераквальных ландшафтов шло ее вторичное обогащение некоторыми элементами. Так, например, в условиях Южного Урала и Центрального Казахстана широко распространена по древним депрессиям рельефа переотложенная в позднегеретичное время сиаллитно-аллитная или аллитная кора выветривания, но одновременно загипсованная, обогащенная хлоридами и сульфатами натрия. Это свидетельствует еще об одном геохимическом цикле: участии переотложенной коры в сложении древних супераквальных ландшафтов, отличных по своим химическим свойствам от супераквальных ландшафтов влажных субтропиков и, по-видимому, связанных с одним из засушливых периодов в развитии этих территорий. Широко распространены неозювиальные ландшафты, бывшие в прошлом супераквальными, но превратившиеся в настоящее время благодаря новейшей тектонике в элювиальные.

На рис. 5 приводится схема элементарных ландшафтов, где показан уровень залегания грунтовых вод, определявший различную мощность ландшафтов на разных стадиях развития рельефа.

На схеме видно, что нижняя граница окисленной зоны далеко не совпадает с современным уровнем грунтовых вод. Образование мощной зоны окисления происходило в условиях более расчлененного рельефа, с более активным водообменом, на менее зрелых стадиях пепленизации страны это наблюдается в настоящее время (см. рис. 5).

Наряду с периодами существования более интенсивно расчлененного рельефа, были также периоды его менее значительного расчленения по сравнению с современным. Наличие древних денудационных поверхностей выравнивания, располагающихся на значительной высоте над современными базисами эрозии, а также серии денудационно-аккумулятивных и аккумулятивных террас свидетельствует о более высоких базисах денудации и о более близком нахождении от поверхности уровня грунтовых вод в прошлом. Следовательно, вертикальная мощность древних ландшафтов в отдельные этапы была меньше, чем современных.

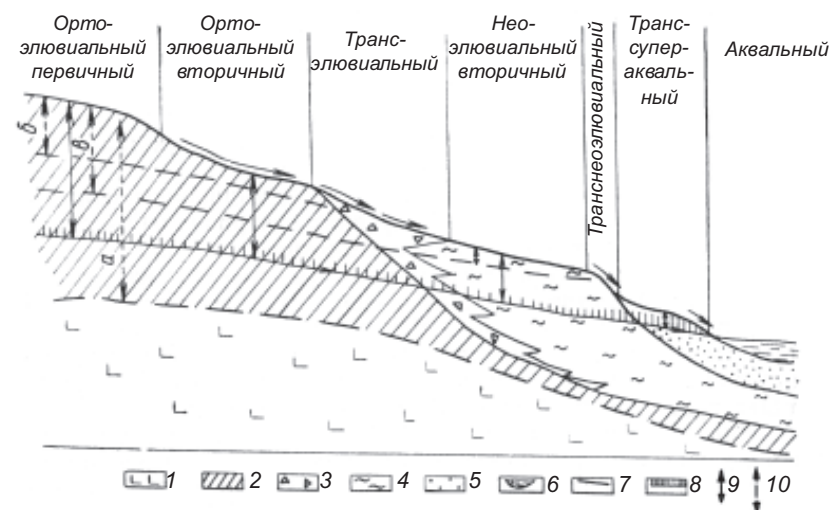


Рис. 5. Схема изменения мощности и характера элементарных ландшафтов в связи с развитием рельефа и положением уровня грунтовых вод: 1 – массивные породы; 2 – зона окисления (кора выветривания); 3 – делювий коры выветривания; 4 – рыхлые наносы (древние); 5 – рыхлые наносы (молодые); 6 – водоём; 7 – древние уровни стояния грунтовых вод; 8 – современный уровень грунтовых вод с капиллярной каймой; 9 – мощность современных ландшафтов; 10 – мощность древних ландшафтов: а – первая фаза, б – вторая фаза, в – третья фаза

В вертикальном профиле элювиальных ландшафтов можно обнаружить следы этих более высоких уровней стояния вод в виде реликтовых катагенетических горизонтов. Эти горизонты отмечаются появлением признаков оглеения, т. е. сизых, голубоватых, охристых пятен, свидетельствующих о ранее протекавших здесь процессах восстановления и окисления. Иногда эти горизонты маркируются выделением различных конкреций: железисто-марганцовых дробин и бобовин или плотных карбонатных журавчиков. Если образование древних ландшафтов происходило в условиях сухого климата, эти древние уровни грунтовых вод часто отмечаются накоплением гипса или легкорастворимых солей.

Горизонты древних супераквальных аккумуляций могут располагаться на разной глубине от современной поверхности, а местами выходить и на самую поверхность. В последнем случае – это места ранее существовавших супераквальных ландшафтов, превратившихся впоследствии, по мере расчленения рельефа и понижения уровня грунтовых вод, в ландшафты вторичные элювиальные.

В случае, если грунтовые воды были минерализованы и содержали соли натрия, места древних супераквальных ландшафтов отмечаются появлением солонцов или солонцеватых почв. Если воды были слабо минерализованы и имели гидрокарбонатный состав, в почвах бывших супераквальных ландшафтов часто можно наблюдать горизонты скопления плотных карбонатных конкреций (“журавчиков”), следы бывшего оглеения, сильную языковатость профиля – все это свидетельствует о прежней луговой или болотной стадии.

Иногда реликтовые признаки бывшего ранее супераквального режима можно наблюдать не только в неоэлювиальных ландшафтах на рыхлых наносах, но также и в ландшафтах ортоэлювиальных и параэлювиальных, приуроченных к денудационным поверхностям, с древней корой выветривания того или иного типа. Эти участки пережили еще более длинную и сложную геохимическую историю.

Раскрыть геохимическую историю ландшафтов и отличить реликтовые черты от современных можно на основании общего палеогеографического анализа территории, одним из методов которого является сопряженный геоморфологический анализ форм рельефа с геохимическим анализом вертикальных профилей различных элементарных ландшафтов. Подобный анализ позволяет различать ландшафты гомогенные с одним ясно выраженным циклом развития и ландшафты гетерогенные, в которых можно видеть реликтовые черты, сохранившиеся от предшествующих периодов.

Схема разделения гетерогенных ландшафтов в зависимости от предшествующей и последующей стадий их развития приведена в табл. 6.

**Роды гетерогенных ландшафтов
в зависимости от геохимической истории**

| Современная фаза развития ландшафта | | Элювиальная | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| Древняя фаза развития | | элювиальная отличная от современной | супераквальная |
| Типы элювиев | ортоэлювий (на изверженных породах) | наложенный ортоэлювиальный | вторичный ортоэлювиальный |
| | параэлювий (на осадочных породах) | наложенный параэлювиальный | вторичный параэлювиальный |
| | неоэлювий (на рыхлых породах) | наложенный неоэлювиальный | вторичный неоэлювиальный |

Если на древний элювиальный ландшафт накладывается современный элювиальный, но с существенно иным типом миграции элементов в вертикальном профиле, то можно говорить о наложенных элювиальных (орто- пара- и нео-) ландшафтах.

Примерами подобных наложенных орто- и параэлювиальных ландшафтов могут быть современные лесостепные и степные ландшафты Южного Урала с серыми лесными почвами и черноземами на древней остаточной коре выветривания сиалитно-аллитного или аллитного типа.

Примером наложенного неоэлювиального ландшафта могут быть отдельные территории полосы широколиственных лесов Русской равнины с оподзоленными черноземами и серыми лесными почвами на карбонатных лессовидных суглинках и лессах с явными признаками бывшего степного периода существования.

Ландшафты с предшествующей супераквальной стадией, сменившейся в настоящее время элювиальной, можно называть вторичными элювиальными, в отличие от первично-элювиальных.

Представленная выше группировка не исчерпывает всего разнообразия гетерогенных ландшафтов. Можно было бы говорить о гетерогенных ландшафтах полного и неполного геохимического

профиля, имея в виду процессы эрозии, предшествующие современной фазе развития ландшафтов. Можно встретить геохимические профили реликтовых ландшафтов с почвами в той или иной степени эродированными. Так, у геологов употребителен термин “корни коры выветривания”, он относится к нижней части профиля древней коры выветривания, уцелевшей от эрозии.

В тропическом поясе широко распространены на поверхности мощные железистые или железисто-марганцовые коры (латеритные коры). На значительной части территории это геохимические реликты; они представляют обнажившийся в результате эрозии горизонт катагенеза глубоких частей геохимического профиля тропических ландшафтов, развивавшихся в условиях рельефа менее расчлененного, чем в настоящее время, но с резким сезонным колебанием уровня грунтовых вод.

Все это вызывает необходимость сопряженного изучения геохимических профилей элементарных ландшафтов с геоморфологическим и общим палеогеографическим анализом территории.

В заключение раздела о классификации элементарных элювиальных ландшафтов приводим сводную таблицу выделяемых таксономических единиц и тех критериев, которые позволяют их обособить (табл. 7).

Таблица 7

Основные таксономические единицы классификации элементарных элювиальных ландшафтов

| Ранг | Название таксономической единицы | Критерии для выделения всех рангов – соотношение между биологическим и геологическим кругооборотом веществ, обусловленным: |
|------|----------------------------------|---|
| I | тип | гидротермическими условиями, связанными с планетарными процессами перемещения воздушных мигрантов |
| II | подтип | степенью автономности ландшафта, связанной с выносом и привносом веществ в твердом и жидком виде по элементам рельефа |
| III | класс и подкласс | геохимическим фоном и условиями миграции элементов, создаваемыми минералогическими, химическими и физическими свойствами исходных пород |
| IV | род | геохимической историей ландшафта |

Принципы классификации элементарных супераквальных и субаквальных ландшафтов

Классификация элементарных супераквальных и аквальных ландшафтов должна строиться несколько иначе, чем классификация элювиальных ландшафтов.

Так как геохимия супераквальных ландшафтов определяется составом и режимом вод, то прежде всего надо иметь в виду происхождение вод, участвующих в формировании данного ландшафта (табл. 8).

Это могут быть: напорные глубинные воды, выходящие на поверхность в виде источников; атмосферные воды, воды низменных морских побережий, почвенно-поверхностные, почвенно-грунтовые и грунтовые воды. Последние в некоторых случаях могут иметь реликтовый характер.

Участие вод того или иного происхождения в формировании супераквального ландшафта определяет прежде всего степень его “геохимической автономности” или, наоборот, “геохимической подчиненности” по отношению к территориально близким элювиальным ландшафтам.

По степени геохимической автономности все супераквальные ландшафты могут быть разделены на три группы: геохимически автономных, геохимически слабо подчиненных и геохимически подчиненных.

Геохимически автономные ландшафты появляются, во-первых, на выходах глубинных вод, химический состав которых не связан с процессами, идущими в окружающих ландшафтах. Это в большинстве случаев редкие геохимические ландшафты, связанные с различного рода минеральными источниками и изученные в настоящее время слабо.

Геохимически автономны также супераквальные ландшафты, питающиеся непосредственно атмосферными водами, не прошедшими через толщу пород или наносов. Это очень слабоминерализованные воды, химический состав которых обусловлен процессами, происходящими не в данном ландшафте, а над об-

Схема классификации супер

| Степень геохимической автономности | Геохимически автономные | | Геохимически слабо | |
|--|---|---|---|--|
| | воды глубинных источников | атмосферные воды | воды крупных транзитных рек | воды низменных морских побережий |
| Происхождение вод | | | | |
| Окислительно-восстановительные условия | Минера | | | |
| | различной степени минерализации | очень слабо-минерализованные | слабо-минерализованные | сильно-минерализованные |
| Окислительные | группа геохимически редких слабоизученных супераквальных ландшафтов | влажные альпийские лужайки | леса и кустарники прирусловой поймы крупных рек на слабо-сформированных аллювиальных почвах | |
| Окислительно-восстановительные | | водораздельные заболоченные моховые леса и редколесья | заболоченные леса и луга пойм крупных рек на луговых пойменно-аллювиальных почвах | приморские солончаковатые луга (лайды) |
| Восстановительные | | верховые торфяные болота | осоково-травяные и лесные болота пойм крупных рек на иловато-болотных почвах | приморские солончаковатые болота (марши) |

аквальных ландшафтов

| подчиненные | | Геохимически подчиненные | | | |
|---|---|---|--|--|---|
| реликтовые грунтовые воды | почвенно-поверхностные | почвенно-грунтовые и грунтовые | | | |
| лициация | | | | | |
| различной степени минерализации | слабо-минерализованные | средне-минерализованные | слабо-минерализованные | средне-минерализованные | сильно-минерализованные |
| группа геохимически реликтовых слабоизученных супераквальных ландшафтов, преимущественно в аридной зоне | прирусловые кустарники пойм рек в области развития вечной мерзлоты на кислом аллювии | прирусловые леса и кустарники пойм рек в области развития вечной мерзлоты на нейтральном и кислом аллювии | прирусловые леса и кустарники пойм малых рек и ручьев на бескарбонатном аллювии | прирусловые леса и кустарники пойм малых рек и ручьев на карбонатном аллювии | прирусловые леса и кустарники пойм малых рек и ручьев на засоленном аллювии |
| | влажные луга и заболоченные леса долин и депрессий в области развития вечной мерзлоты | влажные солончаковатые луга долины реки, депрессий, в области развития вечной мерзлоты | заболоченные луга и леса долин малых рек и местных депрессий на кислых дерново-глеяевых почвах | заболоченные луга и заболоченные лиственные леса долин малых рек и депрессий, на темноцветных дерновых или солончаковатых почвах | солончаковатые луга на засоленных почвах, долин малых рек и местных депрессий |
| | болота долин и депрессий в области развития вечной мерзлоты | солончаковатые болота долин рек и депрессий в области развития вечной мерзлоты | низинные осоково-травянистые и лесные болота долин малых рек и местных депрессий на кислых иловато-болотных почвах | низинные осоково-травяные болота на нейтральных или карбонатных или солончаковатых иловато-болотных почвах | тростниково-камышовые болота на солончаковатых болотных почвах, долин малых рек и местных депрессий |

ширными поверхностями суши и океанов. Направление движения воздушных масс, интенсивность происходящих в атмосфере электрических явлений определяют химический состав увлекаемых с атмосферной влагой воздушных мигрантов, но все же относительно слабо изменяют его на значительных пространствах суши. Поэтому супераквальные ландшафты, сформированные за счет атмосферных вод, часто сохраняют в широком диапазоне географических условий однообразный характер. Таковы, например, верховые сфагновые болота, геохимические черты которых слабо варьируют по широтам и долготам.

К группе геохимически слабо подчиненных супераквальных (или супераквально-аквальных) ландшафтов относятся прежде всего ландшафты пойм крупных, транзитных многоводных рек, с большим бассейном водосбора и слабоминерализованными водами, приносящими большое количество твердых веществ. Здесь состав элементов, поступающих в ландшафт в твердом и жидком виде, геохимически сопряжен с различными типами элювиальных ландшафтов, находящихся на обширных территориях в области стока. Недаром поймы крупных рек сохраняют постоянство ландшафтов в значительном диапазоне широт.

Столь же относительно автономны (геохимически слабо подчинены) ландшафты, связанные с воздействием морских вод. Морские воды имеют постоянный состав и минерализацию и поэтому обуславливают в широком географическом диапазоне холодных и умеренных поясов развитие близких по геохимическим свойствам ландшафтов приморских солончаковых лугов и болот. Лишь при существенном изменении термических условий в субтропических и тропических поясах они сменяются широко распространенными ландшафтами мангровых лесов.

Относительно автономны также супераквальные ландшафты, связанные с выходами “реликтовых” грунтовых вод. Указания на существование подобных геохимических реликтов имеются для Прикаспийской низменности (Цыцарин, 1958), для части древней дельты р. Сыр-Дарьи (Боровский, 1955), где в четвертичных отложениях заключены древние морские воды.

Участие этих вод в формировании современных ландшафтов проявляется прежде всего в особом составе солей, участвующих в засолении грунтов и почв, не связанных с составом солей областей стока.

В геохимически подчиненных супераквальных ландшафтах степень минерализации и химический состав грунтовых и поверхностных вод, участвующих в формировании ландшафта, определяются в значительной мере совокупностью процессов, происходящих в элювиальных ландшафтах данной территории.

Характер биологического кругооборота веществ и степень проявления элювиального процесса, состав выносимых в грунтовые воды элементов, интенсивность водообмена, химические и сорбционные свойства пород водовмещающего горизонта определяют *химический состав вод*, питающих геохимически подчиненные супераквальные ландшафты. Здесь поверхностные и грунтовые воды и связанные с ними супераквальные ландшафты изменяются в соответствии с элювиальными ландшафтами.

Так, например, в области развития многолетней мерзлоты супераквальные геохимически подчиненные (и аквальные) ландшафты формируются исключительно за счет притока почвенно-поверхностных вод. Здесь могут быть очень тесными геохимические взаимосвязи между процессами почвообразования в элювиальных ландшафтах и особенностями супераквальных ландшафтов.

В области преимущественного развития элювиальных ландшафтов полного профиля с пермацидным режимом в формировании супераквальных (и аквальных) ландшафтов участвуют как почвенно-поверхностные, так и почвенно-грунтовые воды. Это обычно очень слабоминерализованные гидрокарбонатно-кремнеземистые воды, часто богатые коллоидальными растворенными органическими веществами. Химический состав этих вод обусловлен комплексом геохимических процессов, происходящих на всем протяжении вертикального геохимического профиля элювиальных пермацидных ландшафтов. В супераквальных и аквальных ландшафтах, формирующихся

под влиянием подобных вод, выпадение веществ происходит главным образом благодаря изменению окислительно-восстановительных условий и биологической аккумуляции.

Области с элювиальными импермацидными ландшафтами характеризуются умеренно минерализованными водами гидрокарбонатного и гидрокарбонатно-сульфатного состава с незначительной долей коллоидально растворенных минеральных и органических веществ. Химический состав этих вод лишь в незначительной степени связан с процессами, идущими в верхних ярусах геохимического профиля ландшафтов. В формировании их участвуют атмосферные осадки, инфильтрующиеся лишь на участках с избыточным притоком поверхностных вод (в местах развития элювиально-аккумулятивных ландшафтов). Аккумуляция веществ в связанных с ними супераквальных ландшафтах обязана не только живым организмам и изменению окислительно-восстановительных условий, но частично также и концентрации веществ в результате испарения растворов. Для аридных областей с элювиальными ландшафтами укороченного профиля типичны сильноминерализованные сульфатно-хлоридные воды и интенсивная накопительная концентрация элементов как результат испарения в самой грунтовой воде и особенно в наносах и почвах супераквальных ландшафтов.

Здесь химический состав грунтовых вод, поступающих в супераквальные ландшафты, в наименьшей степени связан с современными почвенными процессами. Он формируется в результате метаморфизации вод при внутригрунтовой испарении, при медленном их движении в толщах пород и наносов. Степень и общий характер минерализации вод, питающих геохимически подчиненные ландшафты, учтены в прилагаемой схеме их классификации (табл. 8).

При выделении типов супераквальных ландшафтов, наряду с составом и минерализацией вод, необходимо учитывать также и режим вод, так как с ним связаны *ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАВОВИТЕЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ*, определяющие формы нахождения и степень подвижности многих химических элементов; при

постоянном уровне грунтовых вод с затрудненным водообменом господствуют восстановительные условия; при значительных колебаниях уровня вод восстановительные условия могут чередоваться с окислительными. Временное воздействие богатых кислородом вод (например, речных вод в прирусловой пойме или вод тающих снежников, подпитывающих альпийские лужайки) определяет господство окислительных условий в супераквальных ландшафтах.

Соединения серы, железа, марганца, хрома, молибдена, ванадия, урана и ряда других элементов приобретают или теряют подвижность при различных степенях окисления.

Окислительно-восстановительные условия непосредственно отражаются также и на особенностях биологического кругооборота веществ, изменяют состав растительности и условия разложения органических остатков.

Супераквальные ландшафты, формирующиеся в условиях окислительной среды, характеризуются преимущественным накоплением живого органического вещества (например, леса и заросли кустарников прирусловой поймы на слабо сформированных аллювиальных почвах). Смена окислительных условий восстановительными влечет все большее участие в сложении верхнего яруса ландшафта мертвых органических веществ (например, влажные луга на лугово-болотных оторфованных почвах со значительными накоплениями гумуса и торфа).

При постоянно-восстановительном режиме (в болотах), при ослабленном биологическом кругообороте консервируются мертвые органические вещества в виде торфа (рис. б).

Кроме восстановительно-окислительных условий, на особенности биологического кругооборота веществ в супераквальных ландшафтах влияет также скорость прироста и минерализации органического вещества, изменяющихся в зависимости от термических условий. Следует заметить, однако, что супераквальные ландшафты сохраняют сходство в биологическом кругообороте веществ в значительно большем диапазоне термических условий, чем ландшафты элювиальные.

Многие супераквальные ландшафты (поймы, дельты, низменные морские побережья) на более или менее продолжительное время затопляются поверхностными водами.

Геохимически они не равноценны ландшафтам, развивающимся лишь за счет воздействия грунтовых вод сходного химического состава. При затоплении территории часть веществ приносится в ландшафт в твердом виде, другая - может растворяться и уноситься с поверхностными водами, поэтому среди супераквальных ландшафтов следует различать ландшафты периодически затопляемых территорий. Здесь окислительные условия, господствующие в периоды исчезновения водоема, могут смениться восстановительными или окислительно-восстановительными в периоды затопления территории.

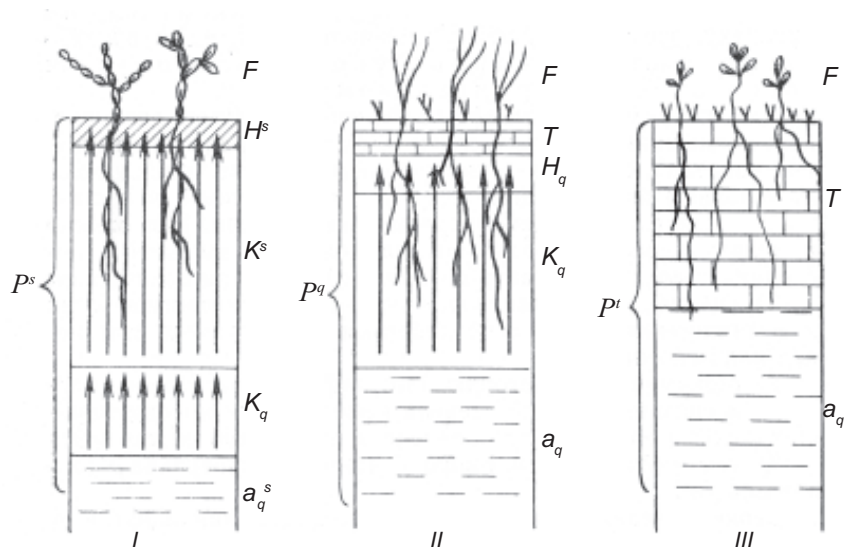


Рис. 6. Вертикальные профили супераквальных ландшафтов: I – P^s – солончаковый; II – P^q – глеевый; III – P^t – торфяно-глеевый. Горизонты: T – торфа; H^s – гумусовый с соленакоплением; H^q – гумусовый с оглеением; K^s – катагенеза с соленакоплением; K^q – катагенеза с оглеением; A^q – грунтовых вод; A^q^s – засоленных грунтовых вод.

В табл. 8 приведены лишь некоторые широко распространенные типы супераквальных ландшафтов умеренно холодного и умеренного поясов. По тем же принципам можно было бы классифицировать малоизвестные нам супераквальные ландшафты субтропических и тропических областей.

Что касается более дробной классификации супераквальных ландшафтов и выделения подтипов, классов и родов, то здесь могут быть предложены следующие критерии.

Выделение подтипов можно производить по тому же признаку, что и ландшафтов элювиальных, т.е. по принадлежности ландшафта к трансупераквальному, или собственно супераквальному ряду.

Так, например, ландшафты заболоченных лугов, дренируемых понижений и речных долин, с одной стороны, и замкнутых котловин, с другой – при внешнем сходстве принадлежат по условиям аккумуляции элементов к различным подтипам,

В пределах подтипов супераквальных ландшафтов можно выделить классы и роды ландшафтов. При выделении последних следует учитывать, по меньшей мере, три показателя:

- 1) специфику состава вод, связанную с литологическими и металлогеническими особенностями дренируемых ими пород или наносов;
- 2) геохимическую историю ландшафтов солесборного бассейна и связанную с ней степень выветрелости водовмещающих пород и наносов (что определяет химический состав вод);
- 3) геохимическую историю данного супераквального ландшафта.

Геохимическая природа супераквальных ландшафтов в значительной мере зависит от состава дренируемых пород. Целесообразно выделять супераквальные ландшафты, связанные с водами, дренирующими различные по происхождению породы: изверженные, плотные осадочные или рыхлые наносы, т.е. супераквальные ландшафты, связанные геохимически с орто-, пара- и неэлювиальными ландшафтами.

Литологические особенности пород сильно проявляются в случае, если в них присутствуют относительно легко переходящие в раствор соединения макро- и микроэлементов.

Так, например, породы с повышенной сульфидной минерализацией вызывают появление сульфатных, кислых вод с богатым комплексом микроэлементов; осадочные толщи, содержащие гипс или иные легкорастворимые соли, также дают соответственно сульфатные или сульфатно-хлоридные воды. Появление в бассейне солесбора известняков обуславливает формирование жестких гидрокарбонатных вод; ультраосновные породы дают магниевые воды и т. д. Появление особых супераквальных и аквальных ландшафтов, отражающих геохимические особенности литологических и металлогенических комплексов пород, позволяют успешно применять гидрохимические методы поисков месторождений.

Однако нужно иметь в виду, что химический состав вод, питающих супераквальный и аквальный ландшафты, формируется обычно в солесборных бассейнах литологически неоднородных, и таким образом химизм их чаще всего нельзя связать с определенным типом пород. Кроме того, даже существенно различные по своей литологии и химизму породы дают воды одного и того же химического класса, так как в раствор всякий раз переходят лишь наиболее подвижные элементы. Поэтому в самых разнообразных по литологии и происхождению породах таежной зоны могут формироваться воды гидрокарбонатного или гидрокарбонатно-кремнеземистого класса.

В ряде случаев геохимическая история ландшафтов солесборного бассейна имеет большее значение в формировании состава вод, чем его геология.

Если формирование вод идет в областях с платформенным режимом в древних элювиальных ландшафтах мощного геохимического профиля, с глубоко проработанной зоной выветривания и сформированной древней корой выветривания, химизм вод слабо связан с химизмом коренных пород.

Сама кора выветривания выступает по отношению к водам как литологически и геохимически новое образование, существенно отличное от исходных пород. Соответственно будут иными и супераквальные, а также аквальные ландшафты, связанные с этими водами.

Наконец, геохимическая история самих супераквальных ландшафтов, обусловленная развитием рельефа или иными причинами изменения условий и режима обводнения, определяет наряду с другими признаками принадлежность ландшафтов к тому или иному роду.

Можно выделить, по крайней мере, три различные группы родов ландшафтов с разной геохимической историей. Во-первых, это супераквальные ландшафты, в процессе развития которых изменяется источник водного питания и в связи с этим химизм вод. Наиболее обычный случай подобного изменения ландшафта – это превращение низинного осоково-травяного болота, геохимически подчиненного и питающегося грунтовыми водами, в переходное осоково-моховое, а затем по мере увеличения торфяного слоя и отрыва от грунтовых вод – в сфагновое верховое болото, живущее главным образом за счет атмосферных осадков и в значительной мере автономное. В этом случае супераквальный ландшафт одного типа сменяется другим, и мы можем говорить о *наложенном супераквальном ландшафте*. В вертикальном профиле подобных ландшафтов изменение состава торфа, степени его зольности позволяют расшифровать их историю развития.

Вторая группа родов супераквальных ландшафтов объединяет те из них, которые развиваются в условиях понижения уровня грунтовых вод и постепенного отрыва верхних почвенных горизонтов, а затем и большей части почвенной толщи от грунтовых вод. Лишь в наиболее влажные годы при повышении уровня грунтовых вод они по временам возвращаются к супераквальному режиму. Это обычные ландшафты высоких пойм или первых надпойменных террас. К этому же роду могут быть отнесены ландшафты осушаемых болот, заболочен-

ных лугов и лесов, которые относительно долго сохраняют связь с грунтовой водой. Подобные ландшафты можно назвать *постсупераквальными*.

Третья группа представлена ландшафтами, в прошлом элювиальными, но превратившимися в супераквальные при быстром подъеме грунтовых вод. Это вторично заболоченные или вторично засоленные территории. Они могут быть связаны с природными, но главным образом катастрофическими процессами (например, с образованием при обвалах подпруженных озер и подпором грунтовых вод) или чаще с искусственным подпором вод при строительстве водоемов и орошении. Все эти ландшафты можно назвать *вторичными супераквальными*.

Таблица 9

Основные таксономические единицы выделения супераквальных элементарных ландшафтов

| Ранг | Таксономические единицы | Критерии для выделения |
|------|-------------------------|--|
| I | тип | окислительно-восстановительный режим и степень минерализации вод |
| II | подтип | степень геохимической подчиненности |
| III | класс | характер минерализации вод, связанный с геологическими особенностями бассейна соесбора |
| IV | род | геохимическая история супераквального ландшафта |

При рассмотрении принципов классификации элювиальных и супераквальных ландшафтов мы остановились на родах ландшафтов, хотя вполне возможно разделение родов на виды элементарных ландшафтов. Основанием для выделения видов могут быть некоторые количественные показатели, например, мощность отдельных ярусов и горизонтов вертикального профиля, а также относительное содержание в этих горизонтах различных геохимических элементов. Эти показатели могли бы быть выражены в виде весовых единиц содержания различных элементов в отдельных ярусах и горизонтах вертикально-

го профиля ландшафтов. Для подобных исчислений необходимо знать мощность горизонта, его объемный вес и процентное содержание различных элементов.

Классификация элементарных аквальных ландшафтов должна в принципе быть близкой к классификации супераквальных ландшафтов.

При геохимической классификации аквальных ландшафтов следует учитывать происхождение вод, степень геохимической подчиненности того или иного водоема соседним элювиальным и супераквальным ландшафтам, химический состав вод, питающих водоем, их транзитность.

Большой интерес и значение для разработки рациональной ландшафтно-геохимической классификации аквальных ландшафтов имеют исследования П.В. Воронкова (1955, 1958), установившего закономерности формирования химического состава вод малых рек и водоемов на территории лесостепной и степной зоны европейской части СССР и Казахстана.

В аквальных ландшафтах еще в большей степени, чем в супераквальных и тем более в элювиальных, изменяется сезонный характер геохимических процессов. Поэтому при классификации аквальных ландшафтов должны приниматься во внимание режимы различных геохимических явлений: характер гидрографов, изменение уровня водоемов, кривые изменения минерализации и химического состава вод, кривые изменения твердого стока. Наряду с этим, при разделении аквальных ландшафтов необходимо принимать во внимание также и процессы, происходящие в самом водоеме: инфильтрацию вод, их метаморфизацию под влиянием испарения, биологические процессы, явления сорбции и т. д.

В водоеме сложного строения и большого размера может располагаться не один, а много элементарных аквальных ландшафтов, последовательно сменяющих друг друга от прибрежной части водоема к его внутренним частям. Поэтому в пределах одного и того же водоема могут быть выделены различные типы, подтипы и роды элементарных ландшафтов.

Не будем более подробно останавливаться на этих вопросах ввиду недостаточности материалов по геохимическим характеристикам различных акваторий.

Ряд вопросов геохимии акваторий с водами высоких степеней минерализации освещен в работах Н.С.Курнакова (1934), А.И.Дзенс-Литовского (1957). Описание геохимических и главным образом биологических особенностей пресных водоемов можно найти в работах В.Н.Сукачева (1948), Н.А.Кордэ (1959) и других.

Ландшафты, измененные в результате хозяйственной деятельности человека

В настоящее время на Земле остались немногие территории, не измененные деятельностью человека. Это преимущественно области высоких широт и высокогорий, лежащих в нивальной зоне. Все остальные ландшафты суши изменены человеком в большей или меньшей мере.

Преобладающее большинство лесов умеренного пояса — это вторичные формации, складывающиеся в результате частичной или полной рубки, пожаров и пастьбы скота. Целинные равнины полупустынной зоны — это в то же время и пастбища, на которых состав травостоя, годовая продукция органической массы, состояние верхнего горизонта почв, химизм почв и вод у источников в сильнейшей степени изменены длительным выпасом.

Распашка почв, внесение органических и минеральных макро- и микроудобрений, частичное отчуждение ряда элементов с урожаем — все это изменяет как условия миграции, так и состав и соотношения элементов в ландшафтах. Земледельческое использование земель часто приводит к появлению совершенно новых типов, родов и видов элементарных ландшафтов. Большая часть земледельческой площади умеренной зоны занята культурными травянистыми растениями.

При вырубке лесов и освоении территории под земледелие изменяется характер, темп и размах биологического кругооборота веществ. Пашня или сенокос по бывшему лесу — это особый тип элементарного ландшафта, отличный от соседнего лесного, даже если все прочие условия миграции элементов и были в прошлом одинаковы.

В зоне степей, где бывшая травянистая растительность сменяется также травянистой, но культурной, различия между пашней и так называемой “девственной” степью не очень значительны, и изменения геохимической природы ландшафта даже в условиях интенсивной культуры и внесения удобрений не пойдут дальше вида или рода элементарного ландшафта. Правда, в некоторых случаях, как, например, при условии распашки склонов, могут возникнуть отрицательные явления ухудшения структуры почв и их эрозии; в этом случае эродируемые склоны будут выступать как особые подтипы трансэлювиальных ландшафтов, появившихся в результате необдуманных действий человека. Задача исследователя — предупредить о возможности подобных явлений и разработать методы их ликвидации.

Особые типы элементарных ландшафтов формируются в степных условиях при посадках лесов, садов или виноградников. Значительны изменения в ландшафтах, связанные с орошением территории. В данном случае изменяется не только тип растительной формации, но и водный режим. Поверхностно-элювиальные ландшафты пустынь, получающие 100-150 мм осадков в год, при орошении получают 1500-2000 мм в год. Они переходят в иной тип ландшафта по условиям пермакцидности. С ирригационными водами приносятся и твердые и растворимые вещества. На длительно орошаемых территориях накапливается слой ирригационного наноса мощностью 1-2 м и более. Запасы гумуса и азота в почвенной толще (на глубину до 200 см) возрастают по сравнению с неорошаемыми почвами в 2-3 раза (Розанов А. Н., 1960, Глазовская М. А., 1959). Подобные почвы выделяются в особую группу “культурно-

поливных староорошаемых”, а весь ландшафт обозначается как особый природно-хозяйственный комплекс термином “оазис”.

Довольно значительны изменения в ландшафтах, вызываемые и осушением. Изменяется тип водного режима, окислительно-восстановительные условия, усиливается биологический кругооборот веществ, освобождаются элементы, ранее законсервированные в торфах. Возникает совершенно иной тип ландшафта. Значительные геохимические изменения в ландшафтах близ железных дорог, крупных поселений, городов, разработок месторождений. Привнос новых элементов, изменение условий миграции – все это влечет появление совершенно новых, неизвестных в обычной природной обстановке геохимических ассоциаций.

Изучение геохимических особенностей культурных ландшафтов требует учета той части кругооборота веществ, которая связана с хозяйственной деятельностью людей.

Глава II

МЕСТНЫЕ ЛАНДШАФТЫ, ИЛИ МЕСТНОСТИ, И ПРИНЦИПЫ ИХ ТИПОЛОГИИ

Определение понятий “ландшафтное звено” и “местный ландшафт”, структура ландшафта, простые и сложные, одноступенчатые и многоступенчатые местные ландшафты

Перераспределение тепла, влаги, растворенных и твердых веществ по элементам рельефа обуславливают развитие различных, но генетически связанных друг с другом и последовательно сменяющих один другой элементарных ландшафтов, или фаций.

Совокупность фаций, сменяющих друг друга по элементам рельефа от местного водораздела к местной депрессии и связанных друг с другом миграцией веществ в твердом или жидком виде, представляет собой геохимически сопряженный ряд фаций, или ландшафтно-геохимическое звено.

Если на большей или меньшей территории наблюдается повторение определенных ландшафтных звеньев, то ее можно объединять в один местный ландшафт, или местность.

Местный ландшафт (или местность) можно определить как территорию, в пределах которой участвующие в ее сложении географические фации (или элементарные ландшафты) сохраняют определенный типологический состав и расположение

относительно друг друга в той степени, в какой это обуславливает однородность взаимодействия между ними.

На рис. 7, I показана схема распределения геохимически сопряженных фаций (А, Б, В, Г), образующих ландшафтное звено, и расположение звеньев, слагающих местный ландшафт, относительно друг друга.

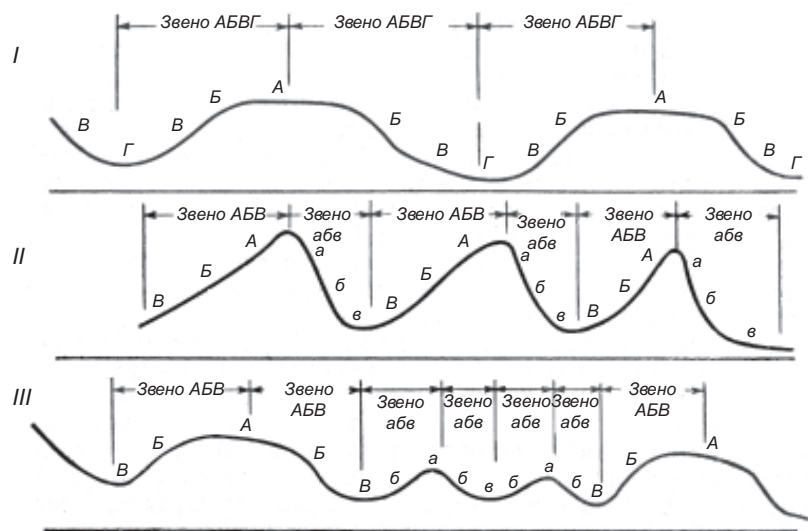


Рис. 7. Схема строения местных ландшафтов: I – простого с одним типом ландшафтных звеньев; II – сложного с двумя типами ландшафтных звеньев; III – сложного с тремя типами ландшафтных звеньев

Реальная местность обычно не представляет абсолютно одинаковых форм рельефа. Одни холмы могут быть несколько выше, другие – ниже. Депрессии могут быть или более широкими, или более узкими. Склоны имеют различную экспозицию и обогриваются по-разному, крутизна и протяженность их также различны. Все это отражается на составе рядов геохимически сопряженных фаций, образующих ландшафтные звенья. Приведенная схема представляет идеальную картину

структуры простого местного ландшафта, сложенного одними и теми же ландшафтными звеньями.

Чаще мы наблюдаем в реальной местности сочетание нескольких или даже многих ландшафтных звеньев, в большей или меньшей степени отличающихся друг от друга.

Если наблюдается закономерное сочетание в пространстве различных ландшафтных звеньев, смыкающихся друг с другом в геохимически подчиненных фациях местных депрессий, у нас обычно не возникает сомнения в отнесении этой территории к одному местному ландшафту.

На рис. 7, II представлена схема подобного местного ландшафта, в котором сочетаются звенья со структурой (АБВ) и (абв), занимающие склоны различной экспозиции и крутизны. Это могут быть лесостепные низкогорья, образованные сочетанием резко контрастных ландшафтных звеньев северных лесных и южных степных склонов.

Значительно сложнее определить принадлежность к одному или к различным местным ландшафтам таких территорий, где наблюдается сочетание нескольких звеньев и не в столь правильной последовательности.

На рис. 7, III приведена схема неправильного сочетания холмов различной высоты и связанных с ними различных рядов геохимически сопряженных фаций, образующих звенья со структурой (АБВ), (Абв) и (абв).

Возникает вопрос, следует ли отнести эту территорию к одному местному ландшафту или рассматривать ее как сочетание нескольких местных ландшафтов.

Прежде чем ответить на этот вопрос, приведем определение ландшафта, которое дал в свое время Б.Б.Полынов (1925): “Физико-географическим ландшафтом называется такая часть земной поверхности, на пространстве которой климат, геологическое строение, рельеф, бассейны, растительность, почвы и животное население сохраняют определенный состав и свойства в той степени, в какой это обуславливает однородность процессов взаимодействия между ними” (курсив мой. – М.Г.).

В этом определении существенна его последняя часть, так как в ней дается критерий, который позволяет отделять одни ландшафты от других.

Развивая свою мысль, Б.Б.Полынов дает пример анализа определенной территории с точки зрения ее ландшафтного единства: "...Вообразим, что мы находимся в некоторой холмистой стране. Вот мы поднимаемся на вершину ближайшей к нам высоты и перед нами развернулась панорама обширной площади, покрытой многочисленными разной величины и размеров холмами. Между этими холмами в одних случаях мы наблюдаем озера, в других – болота, в третьих – просто пониженные котловины, занятые луговыми травами. Далее мы видим, что на берегах некоторых озер, среди густой травяной и кустарниковой растительности возвышаются одиночные деревья и группы верб.

Теперь спрашивается, должны ли мы считать всю эту площадь одним ландшафтом или разделить ее на несколько, быть может, на много отдельных, перемежающихся друг с другом ландшафтов, руководствуясь величиной и размерами холмов, присутствием или отсутствием верб среди береговой растительности озер, отделяя участки с озерами от участков с болотами и т. д...". "...Допустим, что мы предприняли более внимательное изучение ее (этой местности. – М. Г.) и обнаружили, что все холмы сложены из одного и того же материала, скажем крупнозернистого песка, что более крупные из них разрушаются водой и ветром и постепенно уменьшаются в своих размерах, что все луговые впадины и болота произошли из озер вследствие засыпания их песками, и процесс такого засыпания продолжается и в настоящее время, и озера меж холмами в ближайшем будущем превратятся в болота и что, наконец, присутствие или отсутствие верб на берегах озер не изменяет общего состава растительных сообществ этих берегов, который остается одинаковым как для озер с вербами, так и без них.

Мы, таким образом, убедились, что все изменения в рельефе, бассейнах и растительности свидетельствуют лишь о раз-

личных стадиях одного и того же процесса взаимодействия между одними и теми же основными физико-географическими элементами, и так как эти стадии чрезвычайно близки одна к другой, мы можем считать их свойственными одному и тому же ландшафту" (Б. Б. Полынов, 1952, стр. 358, 359).

Приведенный пример показывает, что при определении границ ландшафта мы должны: во-первых, принимать во внимание сходство процессов взаимодействия между сопряженными элементарными ландшафтами, слагающими данную территорию (вершины холмов, котловины, бассейны), и, во-вторых, рассматривать существующую картину как этап общего направленного процесса развития данной территории. Лишь подобный исторический подход позволяет нам отделить существенные различия от несущественных и дает ключ для отграничения одного ландшафта от другого. Следовательно, если ландшафтные звенья, слагающие данную территорию, представляют последовательные стадии развития рядов геохимически сопряженных фаций, у нас есть основание отнести всю территорию к одному местному ландшафту. Отсюда следует, что местные ландшафты могут иметь различную структуру. *Различаются простые местные ландшафты и сложные местные ландшафты.*

В простом местном ландшафте наблюдается повторение на большей или меньшей территории одного и того же ряда геохимически сопряженных фаций, или, иначе – одних и тех же ландшафтных звеньев.

В сложных местных ландшафтах наблюдается сочетание различных ландшафтных звеньев. Часто эти звенья близки по структуре и типологическому составу и представляют ряды, характерные для различных стадий развития геохимически взаимосвязанных фаций данного ландшафта. Иногда частая смена пород предопределяет сочетание ландшафтных звеньев с различными элювиальными, но общими аккумулятивными или супераккумулятивными фациями. В этом случае мы будем иметь дело с гетеролитным сложным местным ландшафтом.

Для большинства территорий характерно ярусное ступенчатое строение рельефа (несколько денудационных уровней, системы террас в речных долинах и озерных впадинах, системы вложенных конусов выноса на подгорных равнинах и т.д.). Ступенчатость рельефа обуславливает ступенчатость ландшафтов.

Обычно геохимический ряд фаций, или ландшафтное звено, начинается с наиболее автономных, геохимически независимых и кончается наиболее геохимически подчиненными фациями. Степень геохимической автономности и геохимической подчиненности, как мы увидим далее, в каждом конкретном случае может быть различной. Но геохимическое соподчинение и определенная последовательность в расположении фаций от менее подчиненных к более подчиненным характерна для ряда фаций, принадлежащих одной ступени местного ландшафта. Если же эта последовательность нарушается и на более низких уровнях рельефа (после геохимически подчиненных вновь следуют автономные, или слабоподчиненные фации), мы имеем дело со следующей ступенью местного ландшафта (или даже, может быть, с другим местным ландшафтом). Чтобы решить вопрос о том, имеем ли мы дело с особым местным ландшафтом или с одной из ступеней многоступенчатого местного ландшафта, мы должны определить, насколько супераквальные и аквальные фации нижележащих ступеней геохимически связаны с элювиальными и супераквальными фациями вышележащих ступеней ландшафта. Это можно установить главным образом на основании анализа поверхностного и подземного стока данной территории. Если в какие-то периоды года поверхностные и грунтовые воды питают воды супераквальных и аквальных ландшафтов более низких ступеней рельефа (например, воды выходят в виде источников в речных долинах и озерных впадинах или хотя бы приближаются к поверхности и питают воды, циркулирующие в аллювиальных отложениях и определяют химизм последних), мы можем говорить о геохимически той или иной мере подчиненных супераквальных ландшафтах.

В многоступенчатом ландшафте элювиальные фации каждой нижерасположенной ступени геохимически независимы от вышележащих. Но супераквальные фации, лежащие на низких ступенях, геохимически подчинены не только ландшафтными звеньям данной ступени, но и всем лежащим выше. В том случае, если супераквальные фации более низких ступеней рельефа геохимически не связаны с элювиальными, или супераквальными фациями более высоких ступеней, мы не можем относить те и другие к одному местному ландшафту, так как между ними отсутствуют геохимические связи. Подобное отсутствие геохимического сопряжения с окружающими ландшафтами может быть в крупных транзитных речных долинах с бассейнами водосборов и солесборов, лежащими вне пересекаемой ими территории (например, долина р. Волги в Прикаспийской низменности). В этом случае появление типов геохимически автономных или геохимически слабоподчиненных супераквальных и аквальных фаций (аллохтонных фаций, по терминологии К.Г. Рамана) заставляет выделить всю долину с системой террас в особый местный ландшафт и не объединять его в один многоступенчатый ландшафт с водораздельными пространствами. Таким образом, всякий раз объединение территории в один местный ландшафт той или иной степени сложности и с тем или иным количеством ступеней требует фактов, указывающих на геохимическую зависимость супераквальных и аквальных фаций от различных элювиальных фаций данной местности.

Индексы местных ландшафтов

Структура различных местных ландшафтов разнообразна. Ее можно представить в каждом случае в виде особого индекса, указывающего на число ступеней и состав ландшафтных звеньев каждой ступени.

Каждой фации может быть присвоен особый индекс, указывающий на ее принадлежность к тому или иному подтипу элементарного ландшафта. Поясним сказанное примерами.

Представим себе литологически однородную холмистую, или увалистую, равнину с плоскими вершинами холмов, вогнутыми склонами, плавно переходящими в местные заболоченные депрессии (рис. 8а). Вершины холмов заняты автономными элювиальными элементарными ландшафтами (А), склоны – геохимически слабоподчиненными трансэлювиальными (Т) и более подчиненными трансаккумулятивными (Та); у подножья склонов, близ выходов родников, появляются трансупераквальные геохимически подчиненные фации (Ст), а заболоченные депрессии рельефа с озерами или ручьями представляют супераквальные (С) и субаквальные (В) геохимически полностью подчиненные фации замкнутых депрессий.

Если каждой фации геохимического ряда присвоить определенный индекс (как это сделано выше), то структуру геохимически сопряженного ряда фаций можно представить следующей формулой: (А – Т – Та – Ст – С – В).

Скобки, в которые заключены индексы, показывают, что данный ряд представляет ландшафтное звено, закономерно повторяющееся на некотором пространстве. Это одноступенчатый простой ландшафт.

Если в пределах названной холмистой равнины одни холмы плосковершинны, другие несколько более снижены и переработаны эрозией, имеют гребневидный характер водоразделов, автономная фация местами отсутствует так же, как и водоемы между холмами (рис. 8, б). Мы видим, что местный ландшафт складывается не одним, а несколькими ландшафтными звеньями. Это одноступенчатый сложный местный ландшафт. Его структура может быть изображена следующей формулой: $(A_1 - T_1 - C_1 - B_1) \cdot (A_1 - T_1 - C_1) \cdot (T_1 - Ta_1 - C_1)$.

Представим теперь, что в пределах холмистой увалистой равнины в депрессиях рельефа, между плосковершинными холмами и увалами, протекают не маленькие ручьи, а реки с хорошо сохранившейся надпойменной террасой или даже серией террас (рис. 8, в). В этом случае вслед за геохимически подчиненными трансэлювиальными, и трансаккумулятивными, и

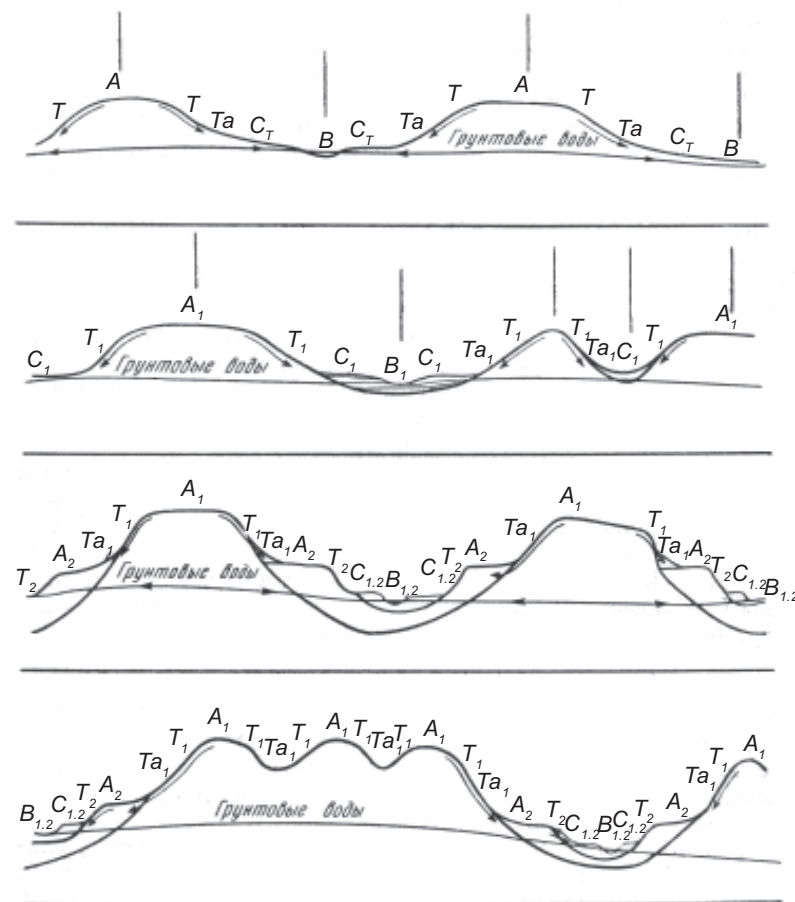


Рис. 8. Схемы одноярусных и двухъярусных простых и сложных ландшафтов а – одноярусный простой; б – одноярусный сложный, в – двухъярусный простой; г – двухъярусный сложный

трансупераквальными фациями склонов на плоской хорошо дренированной и удаленной от подножья склона части террасы вновь появляются автономные элювиальные фации (более молодые, обычно иного рода и часто даже типа, чем автономные элювиальные фации водоразделов). Ряд как бы начинается

снова. На уступе террасы к пойме вновь появляются трансэлювиальные и трансаккумулятивные фации, сменяющиеся в пойме трансупераквальными и трансаквальными. Если мы видим закономерное повторение сходных рядов фации от каждого местного водораздела к каждой местной депрессии (см. рис. 8, в), то можно говорить о двухступенчатом простом местном ландшафте с полными геохимически подчиненными рядами фаций. Индекс подобного ландшафта может быть представлен в следующем виде:

$$\frac{I(A_1 - T_1 - Ta_1)}{\Pi(A_2 - T_2 - C_{1,2} - B_{1,2})}$$

Индексы $C_{1,2}$ и $B_{1,2}$ показывают, что эти супераквальные и аквальные фации геохимически зависимы как от первого, так и от второго ряда.

Если же речные долины с террасами характерны не для каждой депрессии рельефа, а встречаются как исключение среди холмистой равнины с депрессиями, занятыми долинами малых ручьев (без погребенных террас) или озерами, как это показано на рис. 8, г, то мы имеем дело со сложным двухступенчатым ландшафтом. Его индекс может быть представлен следующим образом:

$$\frac{I(A_1 - T_1 - Ta) \cdot (A_1 - T_1 - Ta)}{\Pi(A_2 - T_2 - C_{1,2} - B_{1,2})}$$

Можно себе представить простые или сложные трех- и четырехступенчатые ландшафты, если на более низких ступенях рельефа появляются новые ряды геохимически сопряженных фаций. Подобные многоступенчатые ландшафты характерны для крупных речных долин с несколькими уровнями древних террас, для денудационных равнин с несколькими древними денудационными поверхностями, для горных территорий с несколькими остаточными поверхностями выравнивания и соответствующими им уровнями аккумулятивных равнин и т.д.

Таким образом, ступень ландшафта – это отнюдь не плоскость, занятая какой-либо одной фацией. Ступень ландшафта включает последовательный ряд геохимически сопряженных фаций от местного водораздела до местной депрессии рельефа, следовательно, фации, лежащие в разных плоскостях и на разных высотах.

Понятия “простой ландшафт” и “сложный ландшафт” не тождественны понятиям “одноступенчатый” и “многоступенчатый” ландшафт. Могут быть одноступенчатые и простые (рис. 8, а) и сложные ландшафты (рис. 8, б), так же как и двух- или трехступенчатые ландшафты могут быть как простыми (рис. 8, б), так и сложными (рис. 8, г).

При определении ступенчатости ландшафта принимается во внимание последовательность расположения фаций в ландшафтных звеньях от самых высоких до самых низких точек данной местности.

При определении степени сложности ландшафта принимается во внимание число типов ландшафтных звеньев, слагающих его отдельные ступени.

Мощность и степень горизонтального расчленения местных ландшафтов

Существенным фактором миграции веществ в местных ландшафтах является внутренняя энергия Земли. Она проявляется в периоды тектогенеза и сохраняется в ландшафтах в потенциальной форме. В областях с преобладанием положительных тектонических движений массы вещества, поднятые на большую или меньшую высоту, обладают потенциальным запасом энергии, которая может проявиться в силе тяжести. Поэтому при изучении ландшафтов и при их систематике этот фактор миграции следует учитывать наряду с другими. Внешним показателем, позволяющим сравнивать по этому признаку различные местные ландшафты, является относительное расчленение рельефа, дающее представление о превышении

наиболее автономных фаций водораздельных поверхностей над геохимически подчиненными фациями наиболее глубоких депрессий. Эта величина может быть показателем мощности данного местного ландшафта. Она дает представление о возможной амплитуде вертикального перемещения вещества в ландшафте.

Можно говорить о максимальной и средней мощности ландшафта. Для более точного определения мощности ландшафтов следовало бы брать разницу высот между наивысшими точками данной местности и уровнем залегания грунтовых вод (или уровнем дна водоемов) в депрессиях рельефа.

Мощность ландшафтов варьирует в широких пределах: от единиц метров в условиях низменных, слабодренированных равнин с близким уровнем грунтовых вод до десятков метров на более возвышенных расчлененных равнинах и сотен метров в горных областях.

В настоящее время мы не можем предложить каких-либо обоснованных геохимических критериев для определения границ между ландшафтами различной мощности.

Таковыми могли бы быть величина годового твердого стока и соотношение между твердым и химическим стоком. Однако обе эти величины определяются не только степенью расчленения рельефа, но и многими другими причинами: соотношением и скоростью процессов физического и химического выветривания, соотношением внутригрунтового и поверхностного стока, характером растительного покрова, в той или иной степени защищающего поверхность от эрозии. Следовательно, названные выше показатели могут быть использованы при выделении ландшафтов различной мощности в пределах территории с одинаковыми остальными факторами миграции веществ.

Если же мы обратимся к видимой мощности ландшафтов, т. е. к относительному расчленению рельефа, то придем к обычным подразделениям. Прежде всего выделяются территории с преобладанием положительных тектонических движений (ландшафты гор с большим относительным расчленением) и территории тектонически мало активные (равнины с ландшафта-

ми малой мощности). Каждая из этих групп по степени относительного расчленения может быть подразделена на большее или меньшее число подгрупп.

Однако полного совпадения между степенью расчленения рельефа и возможностью проявления энергии в виде силы тяжести не наблюдается.

Равнины, находящиеся в условиях влажного климата с близким горизонтом грунтовых вод, и подобные же по степени расчленения равнины в условиях более сухого климата с большей глубиной залегания грунтовых вод имеют фактически различную мощность ландшафтов. Облесенные низкогорья в лесной зоне и низкогорья той же степени относительного расчленения в аридной зоне, несмотря на одинаковую степень расчленения, представляют существенно различные объекты по степени возможного проявления силы тяжести.

Таким образом, разделение ландшафтов по их мощности возможно лишь в пределах однородных биоклиматических зон и областей.

Мощность ландшафтов может быть очень важным в настоящее время неиспользуемым геохимическим показателем. Так, например, все расчеты по химическому стоку с той или иной территории могут быть существенно откорректированы, если их относить не к площади водосбора или солесбора, а к объемам ландшафтов, из которых поступают подвижные водные мигранты. Объемы ландшафтов можно исчислить на основании данных о строении поверхности и о мощности ландшафтов.

Кроме того, мощность ландшафтов представляет большой интерес для решения некоторых практических вопросов. В частности, данные о максимальной мощности ландшафтов необходимы для геохимических поисков полезных ископаемых. Все рудные тела или связанные с ними зоны повышенной минерализации могут быть обнаружены ландшафтно-геохимическими методами, в случае, если они в какой-либо своей части находятся или находились когда-либо в зоне дренирования, т. е. в пределах мощности ландшафтов. Чем больше мощность ландшафта-

дшафта, тем больше шансов обнаружить геохимическими методами глубоколежащие слепые рудные тела.

Наряду с глубиной относительного расчленения или мощностью ландшафтов, существенным показателем возможного проявления энергии силы тяжести является дробность расчленения рельефа. Чем гуще эрозионная сеть, тем лучше условия дренирования и поверхностного стока с водоразделов, тем, следовательно, теснее связаны геохимически подчиненные фации депрессии с элювиальными фациями водоразделов и склонов.

Глубина и густота вреза определяют степень “геохимической проработанности” водораздельных пространств. Этот показатель имеет большое теоретическое и практическое значение. Если мы обратимся к оценке территории с точки зрения легкости обнаружения слепых рудных тел, то территории, сильно горизонтально расчлененные, окажутся в группе местностей, где геохимические поиски могут быть более легки и перспективны, чем территории со слабой степенью горизонтального расчленения. При оценке территории для целей сельского хозяйства, и, в частности, землеустройства, этот показатель наряду с показателем мощности ландшафта очень существен.

Имеются различные показатели степени горизонтального расчленения ландшафтов. Обычно она выражается отношением длины речной сети к площади водосборов. В качестве показателя для определения горизонтального расчленения территории представляется возможным использовать отношение площадей автономных, трансэлювиальных и подчиненных (элювиально-аккумулятивных, супераквальных и аквальных) фаций.

Размеры, форма и соотношение контуров фации и контуров ландшафтных звеньев, слагающих местные ландшафты

На плоских поверхностях и на склонах характер контуров различных фаций, слагающих данный ландшафт, существенно различен.

Для плоских слабодренированных равнин характерно повторение определенных форм микрорельефа и мезорельефа и связанных с ними элементарных ландшафтов или ландшафтных звеньев.

Закономерное чередование различных элементарных ландшафтов по элементам микрорельефа можно называть, как это установлено в географии почв и в геоботанике, *комплексами*, а закономерное чередование различных ландшафтных звеньев по элементам мезорельефа – *сочетаниями*.

В зависимости от форм микрорельефа рисунок контуров различных фаций, слагающих данный комплекс, или ландшафтных звеньев, слагающих данное сочетание, изменяется. На плоских поверхностях очень часто формы микрорельефа не имеют строгой ориентировки. Это могут быть, например, степные блюдца, западины и даже более обширные понижения (падины, лиманы), микроповышения, образованные колониями степных грызунов, неориентированные эоловые формы рельефа (бугристые пески, чоколаки – солончаковые бугры), бугры пучения и т. д.

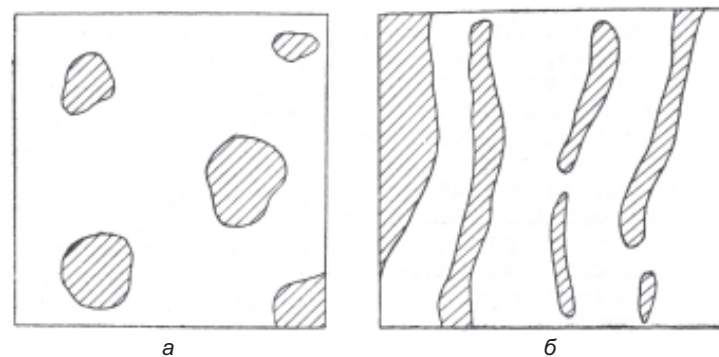


Рис. 9. Двучленные комплексы элементарных ландшафтов: а – сетчатый; б – полосчатый

Комплексы, связанные с подобным микрорельефом, можно назвать *сетчатыми* (рис. 9, а).

В ряде случаев микрорельеф плоских древнеаллювиальных равнин, древних дельт, конусов выноса или краевых частей понижений имеет вытянутую форму (рис. 9, б). Это могут быть потяжины, старицы, сухие русла или делли, “окпаны” – просадочные формы рельефа, образованные по линии трещин усыхания, и т. д. Комплексы, образованные подобными формами микрорельефа, можно называть полосчатыми.

В природе мы можем встретить также и промежуточные или смешанные формы комплексов, которые можно назвать *сетчато-полосчатыми*.

Размеры и соотношения контуров могут варьировать в широких пределах.

При почвенном и геоботаническом картографировании соотношение площадей различных почв или растительных группировок выражают в виде процентов от общей площади.

Этот способ можно принять и для характеристики комплексов, слагающих местные ландшафты.

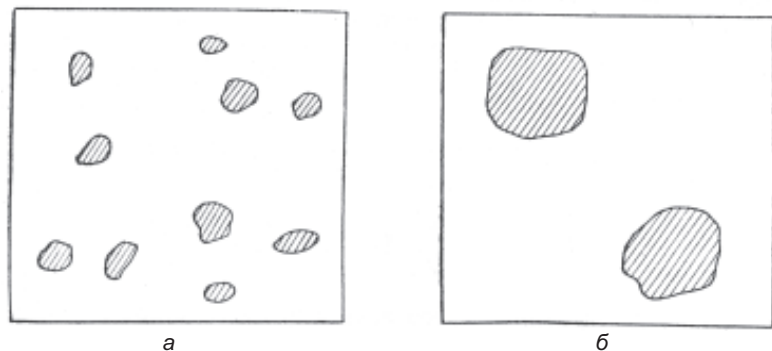


Рис.10. Двучленные комплексы с различной дробностью контуров

Однако соотношение площадей еще не дает полного представления о характере территории. Необходимы указания на размеры контуров.

На рис. 10 дается изображение двух участков двучленного комплекса с одним и тем же соотношением площадей различ-

ных фаций, слагающих эти ландшафты, но в первом случае (рис. 10, а) в основную площадь вкраплены многочисленные мелкие контуры, а во втором (рис. 10, б) – пестрота значительно меньше, и на общем фоне выделяются всего лишь два крупных контура. Представим себе, что перед нами комплекс с резко выраженной фациальной геохимической контрастностью. Освоение первого участка в этом случае будет сопряжено со значительными трудностями, в то время как второй участок с более крупными контурами окажется при том же составе и соотношении фаций значительно лучше первого.

Так, например, в Прикаспийской низменности в условиях недостаточного увлажнения все сенокосы и пашни приурочены к относительно крупным падинам и лиманам, в то время как меньшие по размерам западины среди комплексной степи не могут быть использованы лишь из-за мелкоконтурности.

Если в комплексе имеются заболоченные и засоленные участки, территория оценивается по-разному в зависимости от того, сосредоточены ли эти участки в немногих, относительно крупных, контурах или рассеяны в виде мелких пятен.

Степень комплексности или пестроту территории можно охарактеризовать числом контуров каждой фации, участвующей в сложении комплекса, на определенной площади (на 100 м², на 1 га, на 1 км² и т. д.). Комплексы, изображенные на рис. 10 и состоящие из двух фаций, можно по соотношению площадей и размерам контуров характеризовать следующим образом:

$$\begin{aligned} & \text{I} - 75\% (1 \text{ контур/га}); \text{II} - 25\% (10 \text{ контуров/га}), \\ & \text{I} - 75\% (1 \text{ контур/га}); \text{II} - 25\% (2 \text{ контура/га}) \end{aligned}$$

Транзитные фации склонов нельзя в большинстве случаев назвать комплексами, так как здесь мы не видим повторяющегося чередования фаций. На склонах мы наблюдаем определенный сопряженный ряд, в котором одна фация замещает другую вниз по склону; если склон ровный и протяженный, то отдельные фации вытянуты в виде более или менее широких полос вдоль склона.

На рис. 11,а изображен подобный полосчатый геохимически сопряженный ряд фаций; если склон расчленен небольшими ложбинами стока, не выходящими за пределы микроформ, то каждая из таких ложбинок, получающая избыточное увлажнение, выделяется как особый ряд фации, отличный от ряда фаций соседних повышений (рис. 11,б). Здесь более сложная картина, и мы можем говорить о *сетчатом геохимически сопряженном ряде фаций*. Картина еще более усложняется в случае выходов на склонах коренных пород, наличия осыпей или оползней, выходов источников и т. д.

Характеристика соотношения контуров различных фаций на склонах может быть принята та же, что и для плоских поверхностей, т. е. в виде процентов к общей площади. В характеристике склонов важны данные о процентах обнаженных, скальных поверхностей, смытых земель и т. д. Пестрота транзитных ландшафтов склонов может быть также выражена числом контуров на единицу площади или на единицу длины склона.

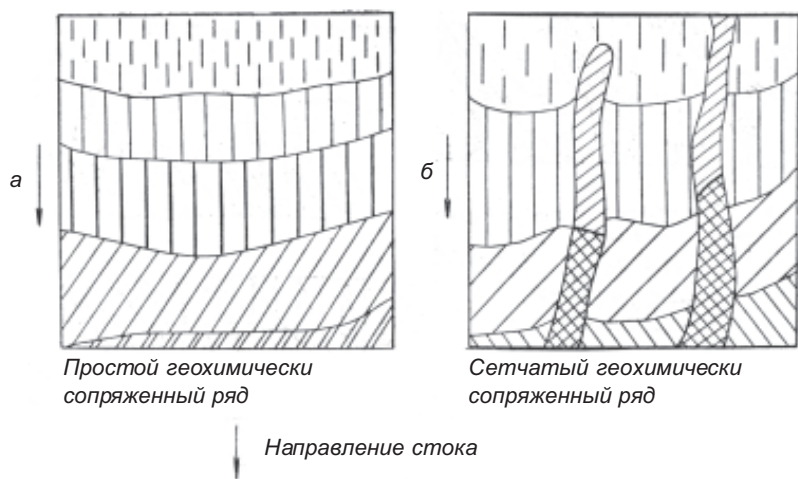


Рис. 11. Сопряженные ряды транзитных фаций склонов

В сложных местных ландшафтах, представляющих сочетание нескольких ландшафтных звеньев, приходится учиты-

вать не только соотношение фаций, слагающих то или иное звено, но и соотношение площадей, размеров и форм контуров, образуемых различными ландшафтными звеньями. На рис. 12 приведены некоторые примеры возможного сочетания ландшафтных звеньев в сложных ландшафтах. На рис. 12,а представлена территория, где ландшафтные звенья, сменяющие друг друга,

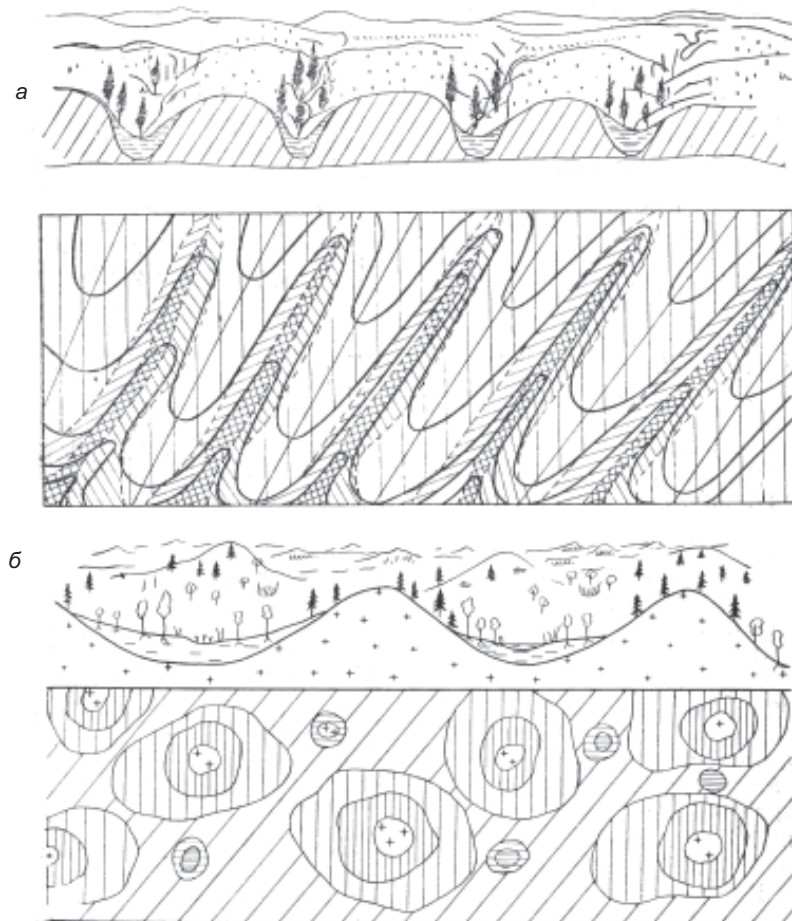


Рис. 12. Сочетания элементарных ландшафтов: а – ландшафтная цепь; б – ландшафтные узлы

образуют как бы ландшафтные цепи. Подобное сочетание характерно для краевых, расчлененных овражно-балочной сетью частей водораздельных равнин. На рис. 12, б показан иной тип сочетаний ландшафтных звеньев, образующих как бы отдельные *ландшафтные узлы*. Подобный тип сочетаний весьма характерен, например, для мелкосопочных денудационных равнин или для аккумулятивных холмистых ледниковых равнин.

Структура местных ландшафтов и типология комплексов и сочетаний имеет большое значение при ландшафтном картировании.

Морфологической структуре ландшафтов уделяется большое внимание в работах ландшафтоведов Н.А. Солнцева, А.Г. Исаченко, К.Г. Рамана, О.К. Казаковой, К.И. Геренчука, Ф.М. Милькова и др.

Эти вопросы широко обсуждаются на всесоюзных совещаниях по ландшафтоведению. Лабораторией ландшафтоведения географического факультета МГУ, коллективом авторов под редакцией Н. А. Солнцева написана брошюра “Морфологическая структура географического ландшафта”. В этой работе даны определения структурно-морфологических единиц ландшафта. Используя их, попытаемся установить возможные корреляции с выделяемыми нами структурными единицами ландшафтов.

Таковыми являются: 1) элементарный ландшафт; 2) ландшафтное звено, представляющее геохимически сопряженный ряд элементарных ландшафтов, сменяющих друг друга от повышенных к пониженным элементам рельефа; 3) местный простой ландшафт, представляющий закономерное повторение на большем или меньшем пространстве ландшафтных звеньев одного и того же фациального состава; 4) местный сложный ландшафт, представляющий закономерное повторение на большем или меньшем пространстве ландшафтных звеньев с различным фациальным составом.

Обратимся к системе структурно-морфологических единиц ландшафта, приводимой авторами в названной выше брошю-

ре. Здесь выделяется следующий ряд постепенно усложняющихся структурно-морфологических единиц ландшафта: 1) фация, 2) подурочище; 3) урочище; 4) местность; 5) ландшафт.

Ф а ц и я – природно-территориальный комплекс, на всем протяжении которого сохраняется одинаковая литология поверхностных пород, одинаковый характер микрорельефа, одна почвенная разность и один биоценоз.

П о д у р о ч и щ е – природно-территориальный комплекс, состоящий из группы фаций, тесно связанных генетически и динамически вследствие их общего положения на одном из элементов формы мезорельефа одной экспозиции.

У р о ч и щ е – природно-территориальный комплекс, состоящий из закономерного сочетания подурочищ и отдельных фаций, совмещающихся обычно с формой мезорельефа, и вследствие этого обладающий ярко выраженным генетическим единством и динамической сопряженностью составляющих его морфологических частей.

М е с т н о с т ь – генетически однородная морфологическая часть ландшафта, имеющая одинаковый геологический фундамент, один комплекс форм рельефа, один климат и состоящая из динамически сопряженных урочищ.

Л а н д ш а ф т – генетически однородный природный территориальный комплекс, имеющий одинаковый геологический фундамент, один тип рельефа, одинаковый климат и состоящий из свойственного только данному ландшафту набора динамически сопряженных и закономерно повторяющихся в пространстве основных и второстепенных урочищ.

Сопоставление приведенных двух систем морфологии природных ландшафтов позволяет установить между некоторыми из них идентичность.

Понятие “фация”, как уже говорилось ранее, эквивалентно понятию элементарный ландшафт. Понятие “подурочище” отвечает определенным частям ландшафтных звеньев или рядам транзитных элювиальных и элювиально-аккумулятивных элементарных ландшафтов, последовательно сменяющих друг

друга по склонам. Из понятия “подурочище”, по-видимому, приходится исключить те ландшафтные звенья или ту часть их, в сложении которых принимают участие автономные фации.

Однако из приведенных авторами примеров выясняется, что термин “подурочище” понимается несколько шире. При более широком толковании понятие “подурочище” отвечает определенным частям ландшафтных звеньев, слагаемых сходными группами элементарных ландшафтов. Например, ландшафтное звено, образованное рядом ландшафтов от элювиальных автономных к трансэлювиальным, трансэлювиально-аккумулятивным и далее к супераквальным и аквальным, может быть разделено на отдельные отрезки по следующим признакам: 1) часть звена, сложенная различными автономными, элювиальными фациями в области водораздельных поверхностей; 2) часть звена с транзитными элювиальными и элювиально-аккумулятивными фациями склонов; 3) часть звена, сложенная супераквальными фациями депрессий; 4) часть звена, представляющая местную акваторию. Нам представляется, что эти части могли бы отвечать понятию “подурочище”.

Сложнее дело обстоит с установлением корреляций с понятием “урочище”.

Приведенное выше определение, а также те конкретные примеры, которые дают авторы, убеждают нас, что понятие “урочище” пока еще не очень четко. Так, например, урочищем называют овраг (или часть его), выпуклое междуречье, отдельную сельгу, лиман, западину. И в то же время те же авторы приводят примеры таких доминантных урочищ, как морские плоскостные аккумулятивные равнины, слабо переработанные процессами эрозии временных разливов и суффозии или увалисто-эрозионные денудационные равнины с комплексным почвенным и растительным покровом. В последнем случае мы имеем дело не с формой мезорельефа, а с определенным типом рельефа.

Если ограничить понятие “урочище” формой мезорельефа, для которой характерно определенное сочетание фаций и подурочищ, то, по-видимому, его можно определить как сово-

купность двух соседних ландшафтных звеньев, имеющих общую геохимически подчиненную фацию (в случае отрицательной формы рельефа) или общую автономную фацию (в случае положительной формы рельефа). Что касается доминантных урочищ, подобных аккумулятивным комплексным солонцовым равнинам, мы можем их рассматривать как местный ландшафт – простой или сложный в зависимости от характера комплексности, наличия участков с существенно иной структурой ландшафтных звеньев и т. д.

В отношении понятий “местность” и “ландшафт” можно сказать, во-первых, что эти два понятия по существу не отличаются один от другого. Во-вторых, в самих определениях имеются не вполне ясные положения, которые не позволяют идентифицировать их с простыми или сложными местными ландшафтами в нашем понимании.

Неясно условие однородности геологического фундамента ландшафта. В условиях аккумулятивных равнин, где геологический фундамент погружен и находится вне современной зоны дренирования, мы не можем его рассматривать как ландшафтообразующий фактор. В складчатых областях с пестрым литологическим составом пород, выходящих непосредственно на поверхность, часто изменяющихся на протяжении единиц и десятков метров, мы, приняв критерий однородности геологического фундамента, не смогли бы выделить реально ни одного ландшафта, так как это условие не было бы соблюдено.

Не вполне ясно также, что нужно понимать под “динамически сопряженными” урочищами. Динамически сопряжены могут быть лишь некоторые фации рядом расположенных урочищ, или урочищ, лежащих на разных ступенях рельефа при условии поступления вещества в твердом и жидком виде, с более высоких ступеней на более низкие. Два соседних оврага, расчленяющих приводораздельный склон, динамически сопряжены с базисом эрозии и бассейном водосбора, но между этими двумя урочищами динамического сопряжения нет, может быть лишь большее или меньшее сходство или различие.

Несомненно одно положение, что разработка рациональной системы структурно-морфологических единиц ландшафта может быть плодотворной лишь в случае предварительной разработки типологии наиболее простых составляющих ландшафта – фации и их геохимически сопряженных рядов – ландшафтных звеньев, тех структурных единиц, из которых строятся все более и более сложные и разнообразные пространственные сочетания.

Тип доминирующих фаций

Понятие о географических урочищах-доминантах и второстепенных урочищах было введено В. Н. Николаевым (1961). Можно использовать это же понятие по отношению к элементарным ландшафтными единицам – фациям. Местный ландшафт складывается из различных фаций, типологический состав которых так же, как и площадные соотношения, могут варьировать в некоторых пределах. Однако при всей множественности фаций, слагающих данную местность, некоторые из них обычно преобладают по площади и определяют общий облик ландшафта.

Типологический состав доминирующих по площади фаций, т. е. принадлежность их к определенному типу элементарного ландшафта, является очень важным признаком, позволяющим выделять большие зональные группы местных ландшафтов.

Для большинства местных ландшафтов характерно преобладание того или иного типа элювиальных фаций, в то время как супераквальные и аквальные фации занимают меньшую площадь. Поэтому для большинства местных ландшафтов, при отнесении их к той или иной типологической группе, приходится учитывать типологический состав элювиальных фаций. Явное площадное преобладание фации одного типа характерно для слаборасчлененных равнин, где автономные фации повышенных элементов рельефа, транзитные фа-

ции склонов и даже элювиально-аккумулятивные фации депрессий представляют подтипы одного и того же типа элементарного ландшафта.

Так, например, в зоне тайги можно наблюдать различные подтипы ельников (брусничников, черничников, зеленомошников) и различные подтипы и виды подзолистых почв (от типично подзолистых до торфяно-подзолистых), приуроченных к различным элементам мезорельефа (вершинам, верхним и нижним частям склонов). Это различные подтипы одного и того же типа элементарного ландшафта темнохвойной тайги на сиаллитной коре выветривания с подзолистыми почвами. Поэтому и весь местный ландшафт можно отнести к определенному зональному типу – таежным пермацидным ландшафтам умеренного пояса.

То же самое можно наблюдать в условиях даже относительно расчлененного рельефа, в зоне степей, где различные по степени мезофитности (или ксерофитности) варианты степи, приуроченные к различным подтипам и видам черноземов, последовательно сменяют один другой по элементам рельефа.

В этом случае местный ландшафт принадлежит к зональному типу импермацидных степных ландшафтов умеренного пояса.

Супераквальные и аквальные фации занимают в большинстве случаев меньшие площади, чем фации элювиальные, и они учитываются на более мелких ступенях классификационной схемы.

Исключение из этого правила представляют плоские слабодренированные равнины с близким горизонтом грунтовых вод или верховодки, например, древние дельты рек, низменные морские побережья, где супераквальные ландшафты преобладают по площади. В этом случае именно они являются доминирующими фациями и учитываются при типологии местности (например, солончаковые болота приморских равнин или заболоченные луга пойм больших транзитных рек и т. д.).

Супераквальные элементарные ландшафты могут быть зональными, геохимически подчиненными соседним элювиаль-

ным, и интразональными, геохимически слабоподчиненными по отношению к элювиальным фациям данной местности.

Геохимически подчиненные супераквальные элементарные ландшафты обычно занимают подчиненное положение по площади и не являются фациями – доминантами (это обычно долины малых рек и ручьев, небольшие озерные котловины).

Геохимически автономные супераквальные фации (например, верховые болота) или *геохимически слабоподчиненные* (например, обширные поймы или дельты крупных рек), наоборот, *могут преобладать по площади и определять типологическую принадлежность данного местного ландшафта.*

В случае, если местный ландшафт слагается фациями, принадлежащими различным типам элементарных ландшафтов, и они занимают примерно равные по площади части данной территории, эти типы фаций учитываются при отнесении местности к той или иной группе. Например, в зоне тайги обычны болотно-таежные ландшафты, где массивы лесов и болот занимают примерно равные площади; в степной зоне часто встречаются солонцово-степные ландшафты, где площади солонцов и несолонцеватых степных участков примерно равны. Широко распространенные лесостепные ландшафты, лесотундровые ландшафты и многие другие характеризуются не одним, а двумя типами фаций, занимающих почти равные площади.

Местные ландшафты низменных аллювиальных равнин и особенно дельт крупных рек представляют часто сочетание фаций супераквальных (лугов, болот) и открытых акваторий (старицы, протоки) без явного преобладания по площади какой-либо из них. Типичным примером подобного ландшафта являются плавни и дельты рек Волги, Кубани и других.

Наконец, можно выделить группу ландшафтов, где все три группы фаций: элювиальные, супераквальные и аквальные принимают равное участие в сложении местных ландшафтов. Типичным примером подобного случая могут быть ландшафты подстепных ильменей в области распространения бэровских

бугров в древней дельте р. Волги. По-видимому, подобную же картину сочетания фаций различных классов можно найти в области холмисто-моренно-озерных равнин, в шхерах и в ряде других мест.

Следовательно, число групп местных ландшафтов с тем или иным доминирующим типом фации соответствует, во-первых, числу типов элементарных ландшафтов, приведенных в табл. 3 и 8 первой главы настоящей книги; во-вторых, приведенные выше примеры ландшафтов с сочетанием фации без ясно выраженного доминанта говорят о том, что общее число типологических групп местных ландшафтов может значительно превышать число типов элементарных ландшафтов.

К. Г. Раман (1959) предложил всю группу элювиальных элементарных ландшафтов называть литогенной, так как материальные ресурсы этой группы ландшафтов обусловлены той или иной литологической основой. Группу супераквальных и аквальных ландшафтов К. Г. Раман называет гидрогенной, их характер определяется количеством и составом вод, питающих данный ландшафт. Эти термины можно принять с некоторыми уточнениями. Большую роль в геохимии подавляющего большинства ландшафтов играет живое вещество, поэтому было бы более правильным называть ландшафты *биолитогенными, биогидрогенными*. Но, с другой стороны, именно эта особенность большинства ландшафтов – ведущее значение живых организмов, повсеместно и постоянно действующих, позволяет термин “био” вынести как бы за скобки. Чтобы не удлинять названий, в дальнейшем будут употребляться термины “литогенный”, “гидрогенный” и “лито-гидрогенный” для всех ландшафтов с активной ролью живого вещества.

Наиболее безжизненным ландшафта, имеющим широкое распространение в высокополярных широтах, можно присвоить термины “собственно литогенный” и “собственно гидрогенный”.

В табл. 10 приведены группы местных ландшафтов с различным составом доминирующих фаций.

Таблица 10

**Группировка местных ландшафтов
в зависимости от доминирования фаций различных
рядов или их равного участия в сложении ландшафтов**

| Местные ландшафты | Фации | Доминанты | |
|-----------------------------------|-------------|----------------|-----------|
| | элювиальные | супераквальные | аквальные |
| Литогенные | + | – | – |
| Литогенно-гидрогенные | + | + | – |
| Гидрогенные | – | + | – |
| Гидрогенные с водоемами | – | + | + |
| Литогенно-гидрогенные с водоемами | + | + | + |

Типы геохимических сопряжений в местных ландшафтах

Подобно тому, как наиболее существенным признаком того или иного элементарного ландшафта или фации является характер взаимодействия между слагающими его компонентами (породами, водами, растительностью, почвами), так наиболее существенным признаком местного ландшафта является характер взаимодействия в рядах геохимически сопряженных фаций, или характер их геохимического сопряжения.

Взаимодействие между компонентами элементарного ландшафта осуществляется путем миграции вещества из одного компонента в другой; взаимодействие в рядах геохимически сопряженных элементарных ландшафтов осуществляется путем миграции вещества из одной фации в другую.

Подобно тому, как вертикальный геохимический профиль элементарного ландшафта представляет определенную парагенетическую свиту ярусов и горизонтов и является внешним выражением происходящих в данном месте процессов перемещения вещества, так и типологический состав фаций, и структура ландшафтных звеньев представляет внешний результат процессов миграции веществ, протекающих в данном местном ланд-

шафте. Ландшафтное звено следует рассматривать как определенный парагенетический ряд фаций.

Подобно тому, как по составу и мощности ярусов мы систематизируем элементарные ландшафты, так и по типологическому составу и соотношению фаций в ландшафтных звеньях мы можем систематизировать местные ландшафты.

Представление о геохимически сопряженных рядах элементарных ландшафтов было введено Б.Б.Полыновым (1953). Он называл ряд элементарных ландшафтов (элювиальный, супераквальный, аквальный) – от местного водораздела к местному водоему – геохимическим ландшафтом.

Впоследствии К.Г.Раман (1959), основываясь на учении о геохимических ландшафтах Б.Б.Полынова, ввел понятие о “рядах фаций” как диагностическом, типологическом признаке географических ландшафтов.

Ряд фаций, по К.Г.Раману, – это совокупность фаций, которая охватывает все местоположения на полном профиле рельефа от вершины местного водораздела до середины местной впадины. Ряды фаций, которые охватывают все местоположения, включая заболоченные впадины, называются полными рядами. Неполные ряды могут не включать некоторых фаций, например, супераквальных. Если на полном профиле рельефа литологический состав существенно не изменяется, образуется непрерывный ряд фаций, если же литология неоднородна, то ряд фаций сложен и состоит из отрезков отдельных прерывистых рядов. Если подчиненные фации, например, фации впадин подвергаются влиянию только своего ряда, они называются *автохтонными* (геохимически подчиненными. – М.Г.). Если во впадины приносится материал со стороны, из других ландшафтов, фации впадин могут быть названы *аллохтонными* (геохимически слабоподчиненными. – М.Г.).

Далее К.Г.Раман говорит, что при типологии ландшафтов следует основываться на типе полного, автохтонного ряда фации; приведенные выше положения имеют большое значение для типологии ландшафтов.

Внешним выражением типа геохимического сопряжения являются структуры ландшафтных звеньев.

Структура ландшафтных звеньев предопределяется типом автономных фаций, или фаций доминантов, соотношением вертикального и бокового перемещения веществ, формами их миграции и характером геохимических экранов, стоящих на пути движения веществ.

Выше были рассмотрены основные типологические группы ландшафтов с тем или иным составом доминирующих фаций. Рассмотрим, в каких формах и какими путями передвигаются вещества в различных ландшафтах, какие препятствия стоят на пути их движения.

Пути и формы миграции химических элементов

Перемещение вещества в местных ландшафтах может происходить в водных истинных или коллоидальных растворах в форме твердых взвесей, влекомых водой, в форме гравитационных осыпных, оползневых или солифлюкционных масс, в форме аэрозолей и более крупных аэровзвесей, переносимых на небольшие расстояния при местной циркуляции воздушных масс, в форме живого вещества при местных миграциях животных.

Во многих ландшафтах могут иметь место все или почти все названные формы перемещения веществ, но обычно какая-либо одна из них преобладает и существенно влияет на характер геохимического сопряжения, в то время как остальные сказываются лишь на отдельных частных особенностях ландшафта.

Так, например, в безводных пустынях преобладает воздушная миграция вещества, в областях распространения вечной мерзлоты повсеместно развиты солифлюкционные процессы, в тяжелой пермацидной зоне господствует миграция веществ преимущественно в коллоидальных и в истинных водных растворах, в степной зоне вещества мигрируют в истинных водных растворах и местами в виде твердых взвесей и т. д., в горных районах – в форме гравитационных масс. В некоторых ландшафтах мигра-

ция элементов в форме живого вещества создает определенный тип геохимических сопряжений. В качестве примера можно привести ландшафты заливаемых пойм некоторых рек (например, дальневосточных), где после спада воды остаются остатки водных организмов, моллюсков, рыб, придающих поймам специфические геохимические черты. Весьма специфичны в геохимическом отношении места поселения колониальных животных (птиц, грызунов), которые кормятся на больших пространствах, а массу органических веществ, в виде экскрементов, оставляют на значительно меньших по площади участках постоянных поселений.

Приземные части атмосферы и поверхность почвы являются наиболее обычными путями перемещения твердых масс вещества в местных ландшафтах. Часть воднорастворимых веществ также перемещается с поверхностным стоком или с внутрипочвенным стоком; в пермацидных ландшафтах часть водных мигрантов может достигнуть грунтовых вод и далее двигаться в грунтовом потоке, вновь появляясь на поверхности в депрессиях рельефа и в местных водоемах.

В зависимости от путей и форм миграции вещества в ландшафтах можно выделить 12 главных типов геохимических сопряжений.

1. **Водно-поверхностно-почвенный** (рис. 13,а). Этот тип характерен для территорий с импермацидным режимом. Периодически наблюдается сток вод по поверхности (ливневые осадки, снеготаяние), но количество стекающих в депрессии вод невелико и не вызывает сквозного промывания почв или подъема грунтовых вод. Депрессии увлажняются несколько лучше, но характеризуются развитием элювиально-аккумулятивных импермацидных фаций. С поверхностными водами перемещаются преимущественно подвижные элементы, освобождающиеся при разложении органических остатков, и те подвижные соединения, которые находятся в гумусовом горизонте почв. В результате элювиально-аккумулятивные фации, получающие большее количество влаги и элементов органогенов, представляют участки с наибольшей продуктивностью органического вещества.

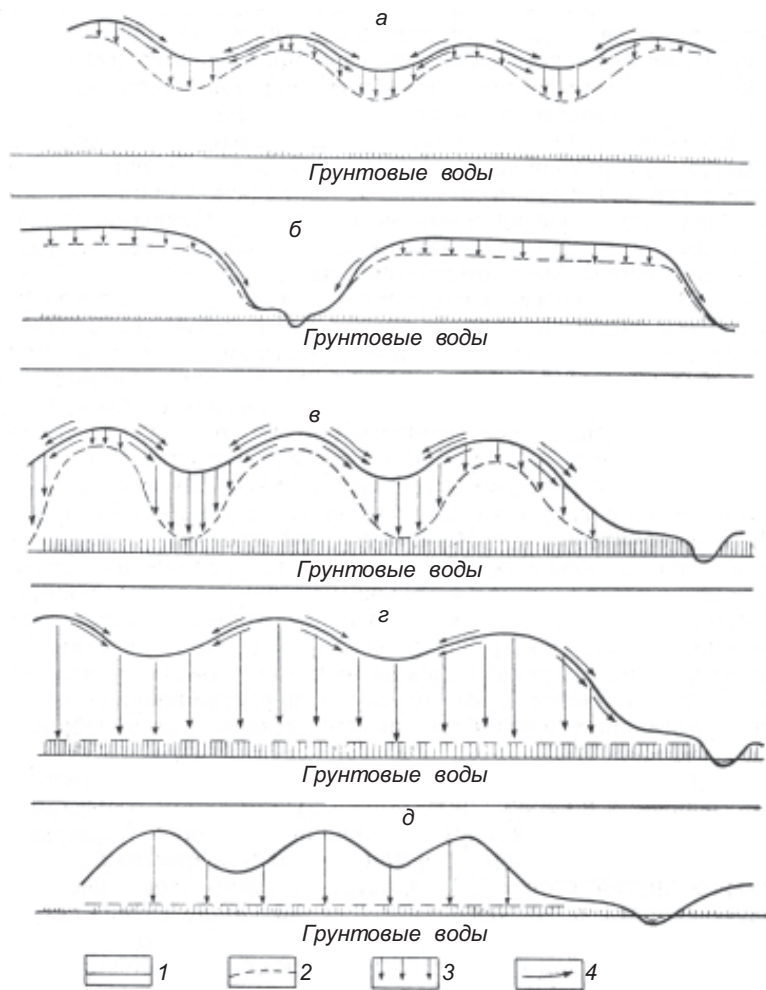


Рис. 13. Типы геохимических сопряжений с преобладанием химического стока; а – водно-поверхностно-почвенный; б – водно-грунтовый; в – водно-поверхностно-почвенно-потускулярный; г – водно-поверхностно-почвенно-грунтовый; д – водный почвенно-грунтовый; 1 – грунтовые воды с капиллярной каймой; 2 – границы слоя промачивания атмосферными осадками; 3 – направление движения растворов в вертикальном профиле элементарных ландшафтов; 4 – направление движения поверхностных и почвенных вод в транзитных элементарных ландшафтах.

Отсутствие выноса растворимых веществ из ландшафта может привести по мере течения процесса или засоленности пород к местному накоплению в депрессиях рельефа (в случае, если они замкнуты) наиболее легкорастворимых соединений и появлению солончаковатых почв и растительности. Подобные процессы местного перераспределения подвижных продуктов выветривания и почвообразования весьма характерны для относительно слабо расчлененных сухостепных и полупустынных равнин.

2. **Водно-грунтовый.** Данный тип геохимического сопряжения характерен для супераквальных геохимически слабоподчиненных ландшафтов при господстве на прилегающих водоразделах поверхностно-импермацидных или импермацидно-мерзлотных ландшафтов. В этом типе геохимического сопряжения грунтовые воды не имеют связи с верхними ярусами ландшафта. Пополнение их идет вне ландшафта или они имеют реликтовый характер. Эти воды связаны в своем химическом составе с процессами, идущими в водовмещающих горизонтах (растворения, осаждения, сорбции, испарения) и в случае выхода на поверхность обуславливают появление супераквальных и аквальных фаций геохимически слабоподчиненных местным импермацидным элювиальным ландшафтам (рис. 13,б).

Подобный же тип геохимического сопряжения создается близ выходов глубинных вод, выносящих на поверхность различные, несвойственные окружающим ландшафтам соединения. Часто выходы подобных вод дают геохимически редкие или геохимически аномальные ландшафты.

В случае, если глубинные грунтовые воды по выходе на поверхность разбавляются еще и транзитными поверхностными, как, например, в долинах крупных рек, ландшафты последних геохимически почти не связаны с местными прилегающими к долине водораздельными поверхностями и представляют особые местные ландшафты.

3. **Водно-поверхностно-почвенный потускулярный** (рис. 13,в) сходен с первым, но отличается от него более интенсивным поверхностным стоком, в силу чего в мес-

тных депрессиях рельефа создаются пермацидные условия, в то время как на повышенных элементах рельефа господствует импермацидный режим. Питание грунтовых вод здесь происходит частично за счет поверхностных вод, путем фильтрации последних сквозь толщу почв и грунтов в депрессиях рельефа. Подобный тип питания грунтовых вод Н. А. Высоцкий называл *потускулярным*. При подобном типе геохимического сопряжения связь между повышениями и небольшими депрессиями осуществляется путем переноса веществ с почвенно-поверхностными водами, а связь между водораздельными поверхностями и более крупными дренами, вскрывающими уровень грунтовых вод, осуществляется через потускулы, представляющие участки пермацидных элювиально-аккумулятивных элементарных ландшафтов.

В данном типе геохимического сопряжения значительно увеличивается по сравнению с предыдущим типом геохимическая контрастность в рядах элювиальных фаций (импермацидные фации сменяются пермацидными в депрессиях рельефа); с другой стороны, возрастает степень геохимической подчиненности в элементарных ландшафтах, связанных с грунтовыми водами. Подобный тип геохимического сопряжения характерен для степных и лесостепных территорий.

4. **Водный, поверхностно-почвенно-грунтовый** (рис. 13,г). Этот тип характеризует области с господством пермацидных элементарных ландшафтов, где наряду с поверхностным стоком (главным образом весенним), значительная доля осадков проникает сквозь почвы и кору выветривания и питает местные грунтовые воды. В этом случае супераквальные фации геохимически полностью подчинены местным элювиальным и геохимически связаны со всеми ярусами ландшафтов. Перераспределение вод в случае их обилия создает, как правило, в условиях слаборасчлененного рельефа широкое распространение заболоченных территорий. Подобный тип геохимического сопряжения характерен для лесных равнинных ландшафтов, вне областей распространения вечной мерзлоты.

5. **Водный почвенно-грунтовый** (рис. 13,д) характерен для территорий с очень слабо выраженным поверхностным стоком, несмотря на большое количество атмосферных осадков. Подобные условия характерны для областей распространения хорошо водопроницаемых пород и почв с относительно слаборасчлененным рельефом. Это могут быть заросшие песчаные массивы, массивы; сложенные известняками, где поверхностный сток может быть ограничен или полностью исключен. В этом случае все элювиальные фации в ландшафтах являются автономными.

6. **Водный почвенно-солифлюкционный** (рис. 14,а). Этот тип миграции веществ имеет очень широкое распространение в районах длительной или постоянной мерзлоты. В этом случае движение водных растворов происходит преимущественно по поверхности почв или внутри почвенной толщи по мерзлому слою. Поэтому создается почвенно-поверхностное сопряжение элювиальных фаций с фациями супераквальными и местными акваториями. Наряду с этим наблюдается повсеместное перемещение по склонам всей почвенной толщи. Это приводит к накоплению у подножья склонов более или менее мощных солифлюкционных отложений. Солифлюкционные процессы четко запечатлеваются в вертикальном профиле ландшафтов. Над мерзлым слоем, где идет наиболее быстрое скольжение, наблюдается специфическая сланцеватая структура, слоистость, образование карманов и раздавливание выветрелых обломков в хрящеватый сапролит, образующий вытянутые вдоль движения почвенных масс линзы. На поверхности почв появляется полигональная трещиноватость, а в древесном ярусе – “пьяный лес” с искривленными и наклоненными в направлении движения стволами. Сползание почвенных масс в случае, если оно выражено сильно, нивелирует геохимические различия, возникающие при движении почвенных растворов вдоль склонов.

7. **Водно-почвенно-эрозийный** (рис. 14,б). Этот тип сопряжения характерен для территорий с расчлененным

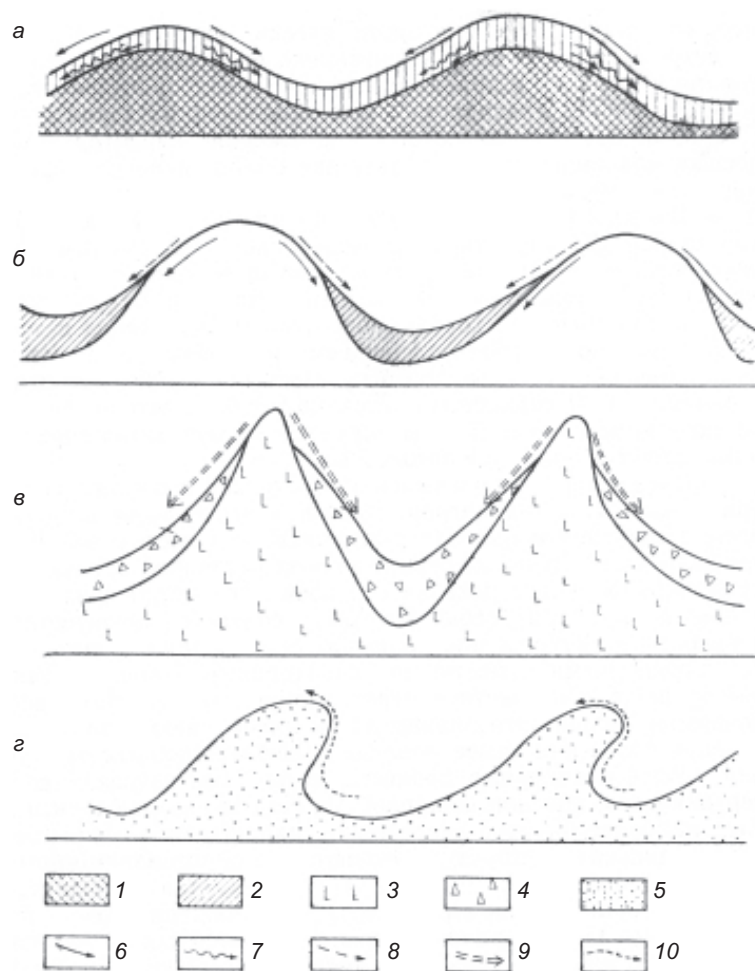


Рис.14. Типы геохимических сопряжений с преобладанием механического сноса: а – водно-почвенно-солифлюкционный; б – водно-почвенно-эрозионный; в – гравитационно-осыпной; г – дефляционный; 1 – мерзлый горизонт; 2 – делювиальный нанос; 3 – коренные породы; 4 – грубообломочный материал осыпей; 5 – песок; 6 – направление движения растворов; 7 – направление перемещения твердых частиц с делювиальными водами; 8 – направление перемещения солифлюкционных масс; 9 – направление движения гравитационного материала; 10 – направление перемещения золотого материала.

рельефом и скудным или нарушенным растительным покровом, где весеннее снеготаяние или плотные ливневые осадки вызывают эрозию почв. Интенсивность эрозии может быть различна и захватывать или лишь поверхностные гумусовые горизонты почв, или, при развитии линейной эрозии, более глубокие, подпочвенные горизонты. Степень ее проявления обуславливает тот или иной характер геохимического сопряжения. При смывании лишь самого поверхностного горизонта в нижних частях склонов накапливаются мелкоземистые, обогащенные гумусом и элементами питания наносы; почвы имеют здесь мощный профиль и отличаются высоким плодородием, в то время как почвы склонов обедняются. В случае более интенсивной эрозии происходит почти полный смыв почв со склонов и погребение новыми наносами почв депрессий; весь почвенный покров ухудшается, а геохимические различия между фациями трансэлювиальными и элювиально-аккумулятивными нивелируются. Естественная эрозия почв особенно сильно проявляется в аридной зоне, где местами, в условиях расчлененного рельефа, мы встречаем беспочвенные ландшафты дурных земель (бедлендов).

8. Г р а в и т а ц и о н н о - о с ы п н о й . Еще меньшие геохимические различия в трансэлювиальных и трансаккумулятивных фациях создаются при гравитационно-осыпном способе перемещения твердого материала. Гравитационно-осыпные склоны характерны для глубоко расчлененного горного рельефа и особенно для областей современного оледенения. Часто осыпание материала сопровождается его оползанием (курумы). Подобный тип перемещения и грубообломочный характер материала обуславливает слабую геохимическую контрастность различных частей склона (рис. 14,в).

9. Д е ф л я ц и о н н ы й . Процессы дефляции распространены весьма широко и обуславливают во многих случаях перенос материала на большие расстояния (как, например, перенос солей с океанов на континенты, перенос пылевых масс и т.д.). Однако подобное перемещение материала не создает мес-

тной дифференциации элементарных ландшафтов, Дефляционный тип сопряжения возникает в случае местного переноса материала: перевевания песков, сопровождающегося сортировкой минералов по удельному весу и крупности зерна, засыпанием растительности и т. д. Наиболее ярко он проявляется в аридных областях (рис. 14,г).

10. Водно-поверхностный циркуляционный тип сопряжения характерен для аквальных ландшафтов замкнутых водоемов и связан с температурным режимом, он обуславливает главным образом тот или иной температурный, газовый и питательный режим отдельных горизонтов водного слоя, что в свою очередь создает условия для местобитания зоо- и фитопланктона, и характер процессов, идущих в придонных слоях и донных отложениях.

11. Водно-поверхностный, физико-химический характеризует реки или проточные озера, где перенос веществ происходит преимущественно в растворенных и коллоидных формах, а выпадение их связано, с одной стороны, с физико-химической обстановкой, обусловленной испарением, изменением реакции среды или окислительно-восстановительных условий, и, с другой стороны, – биологическим поглощением.

12. Водно-поверхностный механический характерен для рек с преобладанием твердого стока над химическим, где перенос веществ, их переотложение и накопление подчиняются физическим законам. Водно-поверхностный механический перенос и отложение наносов в значительной степени обуславливают геохимические особенности местных пойменных ландшафтов.

Геохимические барьеры и геохимические ассоциации элементов

На пути движения элементов от местных водоразделов к местным депрессиям стоит ряд геохимических барьеров, связанных с изменением условий миграции. Изменение условий миграции уменьшает миграционную способность одних групп

элементов и увеличивает у других. Это ведет к дифференциации вещества и образованию особых геохимических ассоциаций элементов в различных ландшафтно-геохимических фациях, входящих в данный сопряженный ряд.

Дифференциация может быть связана с различными причинами. Назовем главные из них: 1) изменение степени развития элювиального процесса в связи с различным положением участков по элементам рельефа и поверхностным перераспределением влаги; 2) изменение соотношения механического и химического стока по элементам рельефа; 3) изменение характера биологического кругооборота веществ в связи с последовательной сменой одних биологических группировок другими от элювиальных к супераквальным и аквальным ландшафтам; 4) изменение концентрации растворов по мере их испарения при движении из автономных в супераквальные и аквальные фации с выпадением труднорастворимых соединений; 5) изменение на пути следования веществ реакции среды и связанные с этим реакции гидролиза и выпадения коллоидов; 6) изменение окислительно-восстановительного потенциала и связанные с ним осаждение и растворение веществ, меняющих подвижность при: различных степенях окисления; 7) изменение условий сорбции, связанное с механическим составом почв и наносов.

В табл. 11 приведены основные фазы различных геохимических обстановок в ландшафтах, существенно изменяющих геохимические ассоциации элементов, концентрирующихся в пределах того или иного геохимического барьера. Образуются ландшафтно-геохимические концентры, свойственные определенным ландшафтно-геохимическим фациям. В первой графе табл. 11 перечислены основные фазы биологической аккумуляции веществ, маркирующие как изменение емкости биологического поглощения элементов, так и геохимические ассоциации элементов, удерживаемые в живом веществе. Например, емкость биологической аккумуляции элементов в широколиственном лесу примерно в два раза больше, чем в хвойном и в 25 раз больше, чем в луговой степи.

Таблица 11

**Геохимические барьеры
и связанные с ними фазы состояния вещества**

| Фазы биологических барьеров | Фазы кислотно-щелочных барьеров | Фазы окислительно-восстановительных барьеров | Фазы испарительных барьеров | Фазы седиментационных барьеров |
|-----------------------------|---------------------------------------|--|---|--------------------------------|
| Водорослево-лишайниковая | Al, Fe ³ – SO ₄ | Fe ² | SiO ₂ | грубо-обломочная |
| Мохово-лишайниковая | Al – фульватная | Fe ² , Fe ³ | CaCO ₃ | песчаная |
| Низкотравно-осоковая | Fe ³ – фульватная | Fe ³ | CaSO ₄ | алевролитовая |
| Злаково-разнотравная | Ca – фульватная | Cr ⁶ , V ⁵ | Na ₂ – CO ₃ , SO ₄ | глинистая |
| Хвойного леса | Ca – HCO ₃ | | Na Cl | иловая |
| Смешанного леса | Na – HCO ₃ | | Mg, Ca – Cl | |
| Лиственного леса | Na ₂ – CO ₃ | | Na – NO ₃ | |
| Широколиственного леса | | | | |
| Субтропического леса | | | | |
| Верхового торфа | | | | |
| Низинного торфа | | | | |
| Диатомита | | | | |
| Сапропеля | | | | |

Представим себе, что автономный элювиальный ландшафт представлен еловым лесом, в то время как в нижних частях склонов, в условиях подтока вод и питательных веществ появляются участки широколиственного леса. По отношению к элементам, переносимым почвенно-поверхностным стоком, подобный элювиально-аккумулятивный ландшафт широколиственного леса будет представлять биологический экран, значительно более мощный, чем хвойный лес, и тем более, луговая растительность. Вырубка и замена их лугами или пашнями влечет за собой сокращение емкости биологического барьера и унос части элементов из ландшафтов.

В культурном ландшафте при правильной организации территории и умелом размещении культур (со все более увеличивающейся емкостью биологической аккумуляции по депрессиям рельефа) можно свести потери биологически необходимых элементов к минимуму.

Весьма действенным геохимическим экраном в ландшафтах являются толщи торфов низинных и верховых болот, в которых законсервированы массы углерода, азота и зольных элементов. Недаром торф низинных болот в ряде случаев представляет прекрасное органо-минеральное удобрение. Подобная же консервация органического вещества и зольных элементов происходит в сапропелях на дне водоемов.

Мощный биологический экран по отношению к мигрирующей кремнекислоте представляют диатомовые водоросли, населяющие проточные пресные озера. Попадая в водоем, соединения SiO₂ как бы пропускаются через биологическое сито и надолго задерживаются в нем, давая мощные накопления вторичных опадов в виде диатомовых илов.

Во второй графе табл. 11 приведены кислотно-щелочные фазы миграции веществ в ландшафтах, отмечаемые присутствием в подвижных формах ряда соединений. Фаза кислотности, при которой присутствуют в растворах сульфаты железа и алюминия, в нормальных природных ландшафтах довольно редка, хотя и встречается в условиях приморских солончаковых низменностей Финляндии и маршах Голландии. Эта фаза обычна для зоны окисления сульфидных месторождений.

Следующие три фазы характеризуют различные степени кислотности среды. При переходе от сильнокислой к слабокислой реакции последовательно переходят в нерастворимое состояние различные органо-минеральные соединения: алюмо-фульватные, ферро-фульватные и кальций-фульватные,

Последние три фазы рисуют различные состояния щелочности раствора от слабощелочной бикарбонатной кальциевой к сильнощелочным бикарбонатно- и карбонатно-натриевой.

Третья графа таблицы дает представление об окислительно-восстановительных фазах ландшафтно-геохимических процессов (по В.В. Щербине). Это фазы двухвалентного железа (восстановительная среда), двух- и трехвалентного железа (окислительно-восстановительная среда), трехвалентного железа (окислительная среда), высших окислов хрома и ванадия (резко окислительная среда).

Приведенные в табл. 11 различные фазы состояния веществ в ландшафтах в связи с щелочно-кислотными и окислительно-восстановительными условиями основываются на поведении некоторых макроэлементов. Но следует иметь в виду, что этим же или близким им условиям отвечают изменения фазового состава многих микроэлементов. Поэтому смена в пространстве окислительно-восстановительных и щелочно-кислотных условий приводит к дифференциации в сопряженных рядах фаций определенных геохимических ассоциаций элементов. В таблицах 12 и 13 приведены данные о подвижности некоторых элементов при различных сочетаниях щелочно-кислотных и окислительно-восстановительных условий, характерных для отдельных групп элементарных ландшафтов. Из таблиц видно, как изменяется подвижность элементов и какие ассоциации их можно ожидать в тех или иных условиях.

В графе четвертой табл. 11 приведены индикаторы фазовых состояний веществ в связи с испарением. Последовательное выпадение из растворов сначала наименее растворимых, а затем более растворимых солей приводит к накоплению ряда соединений в твердой фазе и метаморфизации растворов при их передвижении в почвах, грунтах и открытых водоемах.

Механическое перемещение вещества в ландшафте и фазовые состояния этого процесса маркируются седиментацией наносов различного механического состава. Дифференциация материала по крупности зерен влечет одновременно к дифференциации его по минералогическому и химическому составу. Фация глин или илов обладает существенно иным соотношением элементов, чем фация песчаная, или грубообломочная.

Таблица 12

Геохимические ассоциации элементов для различных типов элювиальных ландшафтов (среда окислительная, Fe³)

| Типы элювиальных ландшафтов | Подвижность элементов в водных растворах | | |
|--|--|--|---|
| | практически неподвижные | слабо-подвижные | подвижные |
| Пермацидный, таежно-лесной, растворы очень слабоминерализованные (pH – 3,5-5,5) | Mo ⁴ | Fe ³ , Al, Mn ⁴ , Pb, Ag, V, As, Se, Cr ³ , Ca, Ni, P | Ca, Sr, Mg, Ba, Cu, Zn, Cd, Hg, S ⁶ |
| Импермацидно-пермацидный, лесостепной, растворы слабоминерализованные (pH – 5,5-7,5) | Al, Mn ⁴ , Pb, Ag | Fe ³ , Sr, Mg, Ba, Cu, Cd, Cr ³ , Ni, Co, Mo ⁴ , Si | Ca, Zn, V ⁵ , As ⁵ , S ⁶ |
| Импермацидный, степной, растворы минерализованные (pH – 7,5-9,5) | Fe ³ , Al, Mn ⁴ , Pb, Ba, Ag, Co | Zn, Pb, Hg, Al, Ca, Sr, Mg, Cu | Mo ⁶ , Si, Ni, V ⁵ , As ⁵ , Cr ⁶ , Se ⁶ , S ⁶ |

Таблица 13

Геохимические ассоциации элементов для различных типов элювиальных ландшафтов (среда восстановительная, Fe²)

| Типы гидроморфных ландшафтов | Подвижность элементов в водных растворах | | |
|---|--|--|--|
| | неподвижные | слабо-подвижные | подвижные |
| Болота с кислыми, очень слабоминерализованными водами, богатыми органическим веществом | P, S ² , As, Se, V, Mo | Cu, Zn, Pb, Co, Ni | Fe ² , Mn ² , Al, Ca, Sr, Mg, Ba, Pb, Ag |
| Болота с нейтральными или слабощелочными, слабоминерализованными водами | Fe ² , Al, Ba, Pb, Mo, S ² | Mn ² , Cu, Zn, Pb, Co, Ni, Ag, P, As, Se, V, Mo, Si | Ca, Sr, Mg |
| Солончаковые болота и солончаки с щелочными минерализованными водами (сероводородная среда) | Fe ² , Mn ² , Ba, Pb, Cu, Zn, Co, Ag, S ² | Mo, P, Ca, Sr, Mg, As, Se, V, Al | Si, Ni |

Кроме того, различный механический состав наносов свидетельствует об их различной адсорбционной способности.

Глинистые и особенно илестые отложения представляют мощные геохимические сорбционные барьеры, стоящие на пути движения растворенных веществ.

Кроме указанных выше геохимических барьеров, в ландшафтах существуют и другие, в числе их можно назвать процессы растворения и осаждения веществ, связанные с изменением температурных условий. Последние существенно влияют также на количество и состав растворенных газов и миграцию веществ в газовой фазе в подземных и приземных атмосферах.

Совокупность всех названных геохимических обстановок и их пространственное размещение дает определенные геохимические поля или геохимические концентры, характеризующиеся различными ассоциациями элементов и различным фазовым состоянием вещества.

В настоящее время относительно хорошо изучены твердая и отчасти жидкая фазы и очень слабо – газовая фаза различных геохимических полей. Исключения представляют лишь некоторые хорошо известные явления, как, например, накопление в газовой фазе ландшафтов с восстановительной средой сероводорода, аммиака, метана. Болотные ландшафты существенно влияют на количество и состав растворенных газов и миграцию веществ в газовой фазе в подземных и приземных атмосферах.

Совокупность всех названных геохимических обстановок и наложение их друг на друга дают определенные закономерные сменяющие друг друга в различных ландшафтных фациях парагенетические геохимические ассоциации элементов, а сами ландшафтные фации представляют определенные геохимические поля.

Чем резче изменяются условия миграции веществ на пути их движения от местных водоразделов к местным депрессиям, тем сильнее отличаются одна от другой геохимически сопряженные фации, и тем более резкая дифференциация элементов наблюдается между автономными и подчиненными элементарными ландшафтами.

Геохимические решетки и геохимические диаграммы местных и элементарных ландшафтов

Пространственное распределение в местных ландшафтах различных геохимических обстановок и связанных с ними ассоциаций элементов можно изобразить в виде *геохимических решеток* (табл. 14). В вертикальных рядах показываются последовательно сменяющие друг друга элементарные ландшафты от автономных к подчиненным.

Таблица 14

Геохимическая решетка местного масштаба

| Пути миграции | Водный почвенно-грунтовый | Водный поверхностно-почвенно-грунтовый | | Водно-поверхностный циркуляционный |
|-------------------------------------|--|--|---|---|
| Биологический экран | хвойный лес | смешанный хвойно-мелколиственный лес | низинный осоково-древесный торф | водорослево-сапропелевый |
| Кислотно-щелочные фазы | Fe ³ – фульватная | | Ca – фульватная | |
| Окислительно-восстановительные фазы | Fe ³ | Fe ² , Fe ³ | Fe ³ | Fe ³ |
| Испарительные фазы | отсутствуют | | | |
| Седиментационные фазы | отсутствуют | | | иловая |
| Геохимический фон | сиаллитный неозлювий (Si – Al) ^н | | | |
| Элементарные ландшафты | автономный таежный элювиальный пермацидный I | транзитный таежно-лесной элювиально-гидроморфный пермацидный II | геохимически подчиненный, низинно-болотный, транзитный III | геохимически подчиненный, озерный IV |
| Местный ландшафт | пермацидный, таежно-болотно-озерный, на сиаллитном неозлювии | | | |

В горизонтальных рядах решетки обозначается последовательная смена в пространстве различных путей перемеще-

ния вещества и геохимических фаз. В верхнем ряду показываются пути и форма перемещения вещества, во втором ряду – характер биологического экрана, в третьем – кислотно-щелочные фазы, в четвертом – окислительно-восстановительные фазы, в пятом – испарительные фазы, в шестом – седиментационные фазы и в седьмом ряду – геохимический фон; восьмая графа решетки отводится обозначению сменяющих друг друга в сопряженном ряду элементарных ландшафтов, а в девятой, последней, графе дается номенклатура данного местного ландшафта.

Геохимическая решетка ландшафта показывает поля существования тех или иных фаз вещества и их сопряжение друг с другом, что хорошо видно из приведенной выше решетки пермацидного таежно-болотного проточно-озерного кислого местного ландшафта. В рядах геохимически сопряженных фаций описываемого ландшафта некоторые фазовые поля, в частности, поля, связанные с испарительной концентрацией и геохимическим фоном, однородны на протяжении всего местного ландшафта и поэтому не являются причиной дифференциации элементов. По кислотно-щелочным условиям выделяются два поля: Fe^3 – фульватное в пределах элювиальной группы элементарных фаций и Са – фульватное в супераквальных и аквальных. Эти два поля свидетельствуют о том, что органо-железистые соединения подвижны лишь в пределах элювиальных ландшафтов с наиболее кислой средой, в то время как гумат кальция может выноситься не только из элювиальных, но и из супераквальных ландшафтов и присутствует в коллоидально-растворенных формах в местных водоемах. Значительно более дифференцированы в пределах ландшафта окислительно-восстановительные фазы. Здесь существуют четыре поля (Fe^3 ; Fe^2 , Fe^3 ; Fe^2 ; Fe^3), рисующие резкое изменение фазового состояния железа при переходе из одной фации в другую. Наличие фаз с двухвалентным железом говорит о его возможном выносе и перемещении в местные акватории, где в условиях окислительной среды (фаза Fe^3) оно окисляется и дает местные накопления (возможно, в виде озерных руд).

Таким образом, смена окислительно-восстановительных условий является причиной появлений геохимически резко отличных фаций и обуславливает особый характер сопряжения между ними.

Сопоставление окислительно-восстановительных полей с щелочно-кислотными показывает также, что миграция железа, подвижного в элювиальных ландшафтах в коллоидальной форме фульвата трехвалентного железа, при переносе в супераквальные ландшафты и восстановлении железа в двухвалентное, может дальше продолжаться в подвижной молекулярно-растворимой форме вплоть до выхода вод в местный водоем, где вновь происходит его окисление. Таким образом, железо в данном ряду сопряженных ландшафтов обладает подвижностью в тех или иных формах во всех геохимических фациях, кроме аквальной. Поэтому одним из следствий геохимического развития данного местного ландшафта является “обезжелезивание” элювиальных и супераквальных фаций и резкое ожелезнение фаций местных акваторий. Накопление озерных руд в водоемах является ярким выражением подобного процесса. Скорость возобновления руд в водоемах может быть критерием скорости данного геохимического процесса.

Биологические поля в описываемом местном ландшафте столь же дифференцированы, как и восстановительно-окислительные условия, и совпадают с последними. Здесь мы видим четыре биологических поля: хвойный лес, смешанный лес, низинное осоково-древесное болото и ассоциацию зеленых и синезеленых водорослей водоема.

По седиментационным фазам в ландшафте выделяются всего лишь два поля: с отсутствием седиментации и с седиментацией илов в местном бессточном водоеме. Эти фазы хорошо согласуются с путями и формами перемещения вещества (см. табл. 14). Отсутствие седиментационной фазы в транзитных ландшафтах показывает, что почвенно-поверхностный сток здесь не сопровождается эрозией почв, поэтому иловая фаза водоемов слагается не продуктами поверхностного стока, а

является результатом происходящих в водоемах процессов выделения коллоидов: гидратов окислов железа и сапропелевых илов, образующихся за счет отмирания населяющих водоем водорослей.

Сочетание различных геохимических полей, их наложение друг на друга позволяет выделить в пределах рассматриваемого местного ландшафта четыре различные геохимические обстановки, отвечающие четырем элементарным ландшафтам, образующим геохимически сопряженный фациальный ряд.

I – фация хвойного леса с водно-почвенно-грунтовым, т.е. пермацидным автономным режимом (без поверхностного стока), с окислительной (Fe^3) и кислой (Fe – фульватной) фазами.

II – фация смешанного хвойно-мелколиственного леса с водным поверхностно-почвенно-грунтовым пермацидным транзитным режимом, с окислительно-восстановительной (Fe^3 , Fe^2) и кислой (Fe – фульватной) фазами.

III – фация низинного осоково-древесного болота, геохимически подчиненного, с транзитным супераквальным режимом, с восстановительной (Fe^2) слабокислой (Ca – фульватной) фазой.

IV – фация бессточного озера, геохимически подчиненного, с окислительной (Fe^3) слабокислой (Ca – фульватной) фазой и накоплением сапропелевых илов.

В табл. 14 даны лишь преобладающие в той или иной элементарной фации фазовые состояния веществ независимо от их изменения в вертикальном профиле ландшафта.

Если бы мы захотели показать фазы состояния веществ в вертикальном профиле каждого элементарного ландшафта, входящего в сопряженный ряд, пришлось бы составить ряд подобных решеток, рисующих изменение условий миграции веществ в каждом из них, т. е. составить геохимические колонки вертикального профиля всех элементарных фаций.

Например, в автономной фации таежного пермацидного ландшафта кислотность и окислительно-восстановительные условия меняются в пределах вертикального профиля. Окислительные, кислые фазы верхней части профиля могут сменять-

ся слабокислыми или нейтральными окислительно-восстановительными или восстановительными фазами над горизонтом грунтовых вод или в слабодвижущемся грунтовым потоке. Меняется по вертикальному профилю также и характер биологических экранов. Ярус древесный, ярус мохово-травяного покрова, ярус корневых систем (существенно отличных по своему химическому составу и емкости от нижнего яруса живого вещества), ярусы аэробных или анаэробных микроорганизмов, обитающих в более глубоких частях вертикального профиля и в горизонте грунтовых вод – все это различные биологические экраны, способствующие дифференциации веществ в вертикальном профиле элементарного ландшафта.

В импермацидных элювиальных ландшафтах происходит выпадение в осадок ряда веществ в связи с испарением передвигающихся вниз растворов. Здесь формируются те или иные горизонты обогащения, отвечающие последовательным фазам выпадения из растворов солей различной степени растворимости. Сверху вниз могут сменять друг друга горизонты, обогащенные $CaCO_3$, $CaSO_4$, $NaCl$ и т. д.

Вертикальная дифференциация геохимических обстановок характерна также и для супераквальных ландшафтов. Для многих из них обычна смена окислительной или окислительно-восстановительной обстановки в верхней части профиля, восстановительной – в нижней его части.

В тех супераквальных ландшафтах, где происходит передвижение растворов снизу вверх (в виде капиллярной или пленочной влаги), сопровождающееся их испарением, тоже формируется ряд солевых аккумулятивных горизонтов. В отличие от элювиальных ландшафтов, наиболее трудно растворимые соединения выпадают прежде всего в глубине профиля, в то время как самые подвижные располагаются близ поверхности.

Следовательно, для элементарных ландшафтов различные ярусы их вертикального профиля характеризуются более или менее резкими сменами геохимической обстановки и соответственно различными геохимическими ассоциациями элементов.

Приведенный выше способ показа геохимических полей в ландшафтах в виде решетки дает представление лишь о господствующих в различных фациях обстановках, определяющих тот или иной тип геохимического сопряжения.

Для того, чтобы показать изменения геохимических обстановок не только в горизонтальном, но и в вертикальном профиле местного ландшафта, следует показать изменения фазового состояния веществ в виде серии профилей, на каждом из которых дается изменение фаз, связанное с каким-либо одним фактором (щелочно-кислотными условиями, окислительно-восстановительным потенциалом, седиментацией и т.д.).

На рис. 15 показаны две серии таких диаграмм, относящихся к пермацидному таежному и импермацидному степному ландшафтам. Анализ серии подобных диаграмм позволяет более подробно судить о характере геохимического сопряжения в данном местном ландшафте. Составление геохимических диаграмм производится на основании изучения серии вертикальных профилей элементарных ландшафтов, образующих ряд от местных водоразделов к местным базисам аккумуляции.

Последовательность изучения должна быть такова: от индивидуальных вертикальных профилей отдельных элементарных ландшафтов к серии геохимических профилей местного ландшафта и затем как вывод о господствующем типе геохимического сопряжения к геохимической решетке данного местного ландшафта.

Геохимические решетки местных ландшафтов, в случае *монолитности* последних (т.е. однородности литологической основы), обычно представляют серию замещающих друг друга от водоразделов к депрессиям, геохимических полей, в которых более кислые фазы сменяются менее кислыми, слабокислые – слабощелочными или слабощелочные – сильнощелочными. В *геохимически нормальных* ландшафтах обычно наблюдаются следующие пары фаз:

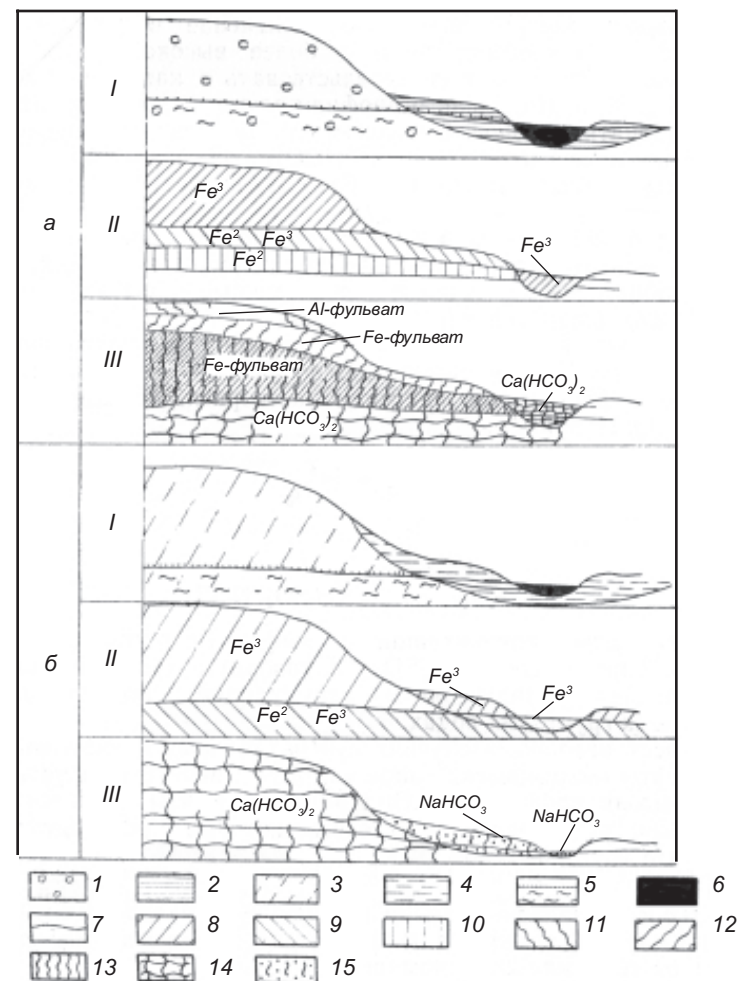


Рис.15. Геохимические диаграммы ландшафтов: а – таежный пермацидный; б – степной импермацидный; I – геохимический фон, II – поля окислительно-восстановительных фаз, III – поля щелочно-кислотных фаз; 1 – сиаллитный моренный суглинок, 2 – сиаллитные ленточные глины, 3 – карбонатный лессовидный суглинок, 4 – карбонатный супесчаный аллювий, 5 – грунтовые воды, 6 – открытые водоемы, 7 – границы геохимических полей, 8 – Fe^3 , 9 – Fe^2 , Fe^3 , 10 – Fe^2 – окислительно-восстановительные поля, 11 – Al-фульват, 12 – Fe-фульват, 13 – Ca-фульват, 14 – $Ca(HCO_3)_2$, 15 – $NaHCO_3$ – щелочно-кислотные поля

| | |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| Элювиальные ландшафты | Супераквальные и аквальные ландшафты |
| Al-фульват | Fe-фульват |
| Fe-фульват | Ca-фульват |
| Ca-фульват | Ca (HCO ₃) ₂ |
| Ca(HCO ₃) ₂ | NaHCO ₃ |

В случае *гетеролитности* ландшафта и нахождения в зоне дренирования существенно иных, чем у поверхности, пород, нормальные пары могут смениться *аномальными*, например:

| | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| Fe-фульват | Ca(HCO ₃) ₂ |
| Ca(HCO ₃) ₂ | Al, Fe – SO ₄ |

В первом случае аномально появление в депрессиях рельефа геохимического поля с более высокой ступенью щелочности, что может свидетельствовать о наличии в глубоких частях вертикального профиля элювиальных ландшафтов карбонатных пород. Во втором случае смена слабощелочного геохимического поля (Ca – HCO₃) элювиальных ландшафтов высококислотным (Al, Fe – SO₄) в депрессиях говорит о выносе грунтовыми водами продуктов окисления сульфидов и о нахождении в зоне дренирования пород с повышенной минерализацией или настоящих рудных залежей.

Подобные же нормальные и аномальные пары характерны для фаз испарительной концентрации.

Для монолитных ландшафтов характерно от элювиальных к аквальным фациям замещение полей с менее концентрированными растворами полями с растворами большей концентрации. Например:

| | |
|------------------------------------|--|
| элювиальный ландшафт | супераквальные и аквальные ландшафты |
| Ca(HCO ₃) ₂ | CaCO ₃ |
| CaCO ₃ | CaSO ₄ |
| CaSO ₄ | Na ₂ SO ₄ , NaCl |

Резкая смена концентрации растворов, например, появление такой пары SiO₃ – Na₂SO₄, Cl, говорит о наличии в зоне дренирования древних солевых аккумуляций в породах или реликтовых грунтовых водах.

Во всех названных случаях супераквальные и аквальные ландшафты геохимически слабо связаны с верхними ярусами элювиальных ландшафтов. Они подчинены тем процессам окисления, растворения, катагенеза, которые происходят в горизонте грунтовых вод.

Приведенные примеры показывают, что сопоставление характера геохимических обстановок верхних ярусов элювиальных и подчиненных им по рельефу супераквальных и аквальных фаций позволяет отличать геохимически нормальные ряды от геохимически аномальных и определять степень их геохимической подчиненности.

Геохимическая контрастность местных ландшафтов

Термин “геохимическая контрастность ландшафтов” был введен А.И. Перельманом (1955) для характеристики *степени геохимических различий между автономными и подчиненными супераквальными и аквальными элементарными ландшафтами*. Этот термин можно употреблять и более широко и характеризовать им степень геохимических различий в рядах подчиненных друг другу элементарных ландшафтов (или фаций), сочетание которых образует данный местный ландшафт.

Поясним сказанное рядом примеров. Начнем с наиболее простых случаев. Представим себе лежащую в одной климатической области и покрытую одним типом растительности (предположим, в зоне сухих степей) водораздельную слабоволнистую аккумулятивную равнину. Относительное расчленение рельефа в пределах равнины невелико, измеряется первыми единицами метров и не выходит за пределы того, что мы относим к микрорельефу. Грунтовые воды находятся глубоко и не влияют на почвы и растительность. Такое положение называ-

ют *плакорным* и соответственно местные ландшафты, свойственные плоским или слабоволнистым водораздельным равнинам, – плакорными ландшафтами.

Представим себе далее, что одна часть этой равнины сложена хорошо водопроницаемыми супесчаными или песчаными отложениями, вторая – менее водопроницаемыми суглинистыми отложениями и третья – глинами, обладающими очень плохой водопроницаемостью.

В случае супесчаной или песчаной равнины (рис. 16, а) атмосферные осадки целиком впитываются почвами и грунтами на месте своего выпадения и двигаются вниз по профилю. В условиях степного режима атмосферная влага иссякает на сравнительно небольшой глубине, большей или меньшей в зависимости от соотношения между испарением, транспирацией и просачиванием. На рис. 16 представлен профиль степных ландшафтов с импермацидным режимом. В песчаных отложениях отсутствует боковой поверхностный и внутрипочвенный сток и соответственно нет перераспределения влаги по элементам рельефа. Независимо от положения по рельефу почвы и грунты промачиваются примерно на одну и ту же глубину, растительность и почвы на всех элементах рельефа почти одинаковы. Примером ландшафтов такого рода могут быть широко распространенные песчаные волнистые равнины с тырсой на светло-каштановых почвах (или с житняком на бурых пустынно-степных почвах). Подобные однообразные равнины могут простираться на десятки километров от одной речной долины до другой.

В структурном отношении это очень простой, однофациальный, местный поверхностно-импермацидный степной ландшафт. Геохимическая решетка подобного ландшафта проста.

Совершенно иную картину в отношении степени контрастности представляет глинистая или тяжелосуглинистая равнина при той же степени относительного расчленения.

Слабая водопроницаемость глинистых отложений обуславливает лишь медленное просачивание влаги вниз, большая

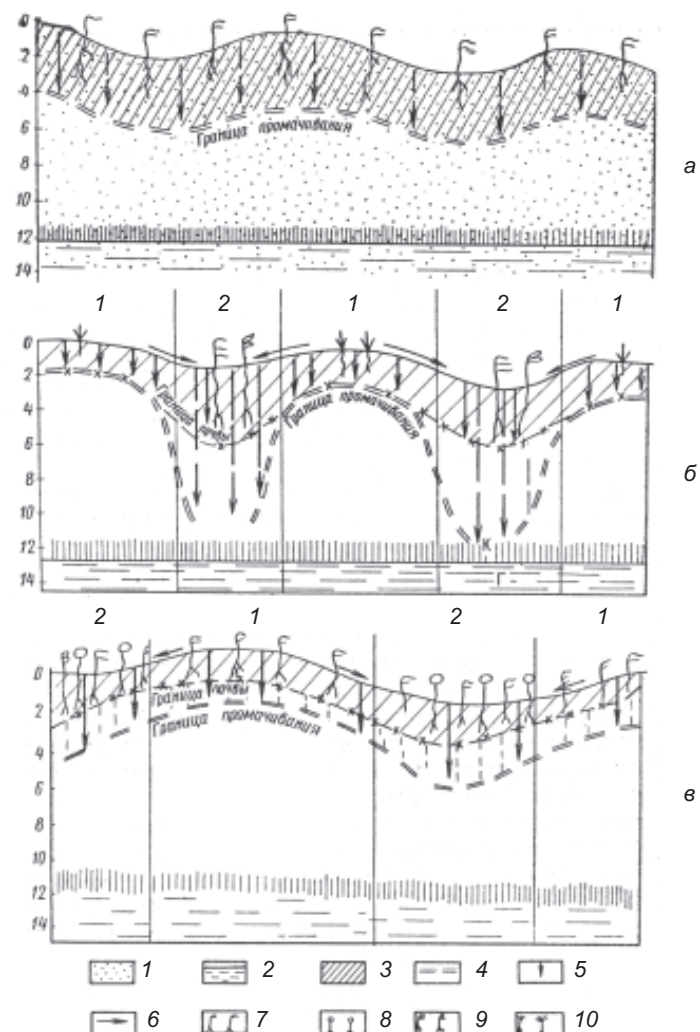


Рис. 16. Местные ландшафты степных равнин: а – геохимически однородная степная песчаная равнина; б – геохимически резкоконтрастная комплексная глинистая пустынно-степная равнина; в – геохимически слабо-контрастная суглинистая степная равнина; 1 – песок, 2 – грунтовые воды; 3 – почвенный ярус; 4 – граница проникновения атмосферных осадков; 5 – направление движения растворов; 6 – направление поверхностного стока; 7 – степные злаки; 8 – разнотравье; 9 – степные кустарнички; 10 – солянки

часть атмосферных осадков даже в условиях малых уклонов стекает по поверхности. Перераспределение осадков по элементам микрорельефа начинает играть очень существенную роль в дифференциации соседних элементарных ландшафтов (рис.16,б). Даже при небольшом общем количестве осадков сток с соседних повышенных элементов рельефа может вызвать пермацидный режим в понижениях рельефа при усилении импермацидного или даже поверхностно-импермацидного на повышениях. Это вызывает резкие различия во всех ярусах вертикального профиля этих двух соседних элементарных ландшафтов. В результате формируется геохимически резко контрастный двух- или трехфациальный местный ландшафт, сложенный фациями, принадлежащими не только разным подтипам, но и разным типам элементарных элювиальных ландшафтов.

Таблица 15

Геохимическая решетка песчаной сухостепной равнины

| Водный режим | Поверхностно-импермацидный |
|-------------------------------------|--|
| Биологический экран | злаковая бескрайняя степь |
| Окислительно-восстановительные фазы | Cr^6, V^6 |
| Кислотно-щелочные фазы | $Ca-HCO_3$ |
| Испарительные фазы | $CaCO_3$ |
| Седиментационные фазы | не выражены |
| Геохимический фон | сиаллитно-карбонатный неэлювий |
| Элементарный ландшафт | $A_{п.л.}^э$ автономный, элювиальный поверхностно-импермацидный |

В качестве яркого примера подобного ландшафта можно назвать тяжелосуглинистые и глинистые комплексные солонцовые равнины северной части Прикаспийской низменности: микроповышения заняты чернопыльниками на солончаковых солонцах, а микрозападины – разнотравно-злаковой степной растительностью на сильновыщелоченных лугово-каштановых почвах. Даже химический состав грунтовых вод соседних элементарных ландшафтов здесь резко различен: под мик-

робугорками – воды соленые, а под микрозападинами линзы пресной воды, образующиеся за счет атмосферных осадков, лежат на более плотных соленых водах, характерных для этой части низменности.

В данном случае соседние фации принадлежат к совершенно различным типам: на повышениях – поверхностно-импермацидная солонцовая, а в понижениях – пермацидная лугово-степная.

Между первой и второй фациями может располагаться еще ряд промежуточных, представляющих переходные подтипы.

В последнем случае местный ландшафт будет не двучленным, а трех- или четырехчленным.

В табл. 16 показаны геохимические поля, характерные для местных ландшафтов резко комплексных солонцовых полупустынных равнин.

Таблица 16

Геохимическая решетка местного ландшафта солонцовой комплексной глинистой полупустыни

| Пути и форма миграции вещества | Водный, поверхностно-импермацидный | Водный, поверхностно-почвенный импермацидный | Водный, почвенно-грунтовый пермацидный |
|-------------------------------------|---|--|---|
| Биологический экран | попынно-солянковая группировка | попынно-злаковая группировка | разнотравно-злаково-кустарниковая группировка |
| Окислительно-восстановительные фазы | Cr^6V^5 | | Fe^3 |
| Щелочно-кислотные фазы | Na_2CO_3 | $NaHCO_3$ | $Ca(HCO_3)_2$ |
| Испарительные фазы | $NaCl, Na_2SO_4$ | $CaSO_4$ | $CaCO_3$ |
| Седиментационные | не выражены | | |
| Элементарные ландшафты | автономный, элювиальный, поверхностно-импермацидный | транс-элювиальный импермацидный | элювиально-аккумулятивный пермацидный |

В случае суглинистой равнины такая же степень расчленения рельефа, что и в других рассмотренных выше случаях, но

при несколько большей, чем на глинистой равнине, водопроницаемости почв и грунтов может вызвать лишь некоторое перераспределение атмосферных осадков (рис. 16, в). В депрессиях рельефа появляется более пышная мезофитная растительность, более гумусированные почвы с более глубоко лежащими иллювиальными горизонтами. Почвы и растительность склонов и выпуклых вершинок, наоборот, оказываются в условиях несколько более ксерофитных, чем растительность и почвы соседних понижений.

Но все же, как видно на рис. 16, в, здесь дифференциация фаций повышенных и пониженных элементов рельефа не очень значительна: в обоих случаях они представляют импермацидный степной ландшафт лишь с различной степенью импермацидности. Фации, располагающиеся на повышениях и в понижениях рельефа, представлены здесь различными подтипами одного и того же типа: автономными или трансэлювиальными на повышениях и элювиально-аккумулятивными в понижениях с водно-поверхностно-почвенным сопряжением.

Таблица 17

Геохимическая решетка неэлювиального ландшафта сухостепной суглинистой равнины

| Пути и формы миграции | Водный, почвенно-импермацидный | Водный почвенно-поверхностный | |
|---------------------------------|--|---|---|
| Биологический экран | сухая злаковая бескрасочная степная растительность | разнотравно-злаковая степная растительность | |
| Окислительные фазы | Cr^{6+} , V^{5+} | Fe^{3+} | |
| Щелочные фазы | $\text{Ca} - \text{HCO}_3$ | | |
| Испарительные фазы | CaCO_3 , CaSO_4 | CaCO_3 | |
| Седиментационные фазы | не выражены | | |
| Геохимические фазы выветривания | карбонатно-сульфатная аккумулятивная суглинистая кора выветривания | | |
| Элементарные ландшафты | элювиальный автономный поверхностно-импермацидный | трансэлювиальный импермацидный | элювиально-аккумулятивный импермацидный |

Обе слагающие данный ландшафт фации характеризуются импермацидным режимом, окислительными условиями и слабощелочной средой с концентрацией растворов, отвечающей фазе CaCO_3 . Это однотипный геохимически слабоконтрастный местный ландшафт.

Подобный же однородный местный ландшафт представляют эрозионно-холмистые лессовые черноземно-степные равнины, где почвенный покров водораздельных поверхностей, склонов и понижений между холмами представлен различными подтипами и видами черноземов, а изменения в составе растительности лежат в пределах типа разнотравно-злаковых степных ассоциаций.

Ландшафты с различной степенью геохимической контрастности характерны и для других зон.

Примером геохимически слабоконтрастного элювиально-импермацидного ландшафта может быть холмисто-моренная равнина, сложенная валунными суглинками и покрытая темнохвойной тайгой на подзолистых почвах. Различия в составе леса на вершинах, склонах и депрессиях проявляются в его бонитете, а также в составе напочвенного покрова. Мертвопокровные ельники и ельники кисличники или ельники-брусничники повышенных элементов рельефа сменяются ельниками-черничниками и ельниками-зеленомошниками в депрессиях; соответственно и почвы изменяются от типично подзолистых на холмах до подзолисто-глеевых в понижениях. Но все же все эти различия не выходят за пределы данного типа таежных импермацидных ландшафтов.

Можно привести примеры резко контрастных местных таежных ландшафтов. На рис. 17 изображена контрастная комплексная болотно-лесная суглинистая равнина, в пределах которой чередуются участки темнохвойной тайги на подзолистых почвах по повышениям и сфагновые болотца с сосной в понижениях рельефа. Между ними по окраинам болот располагается третий член комплекса – заболоченный лес на торфянисто-подзолисто-глеевых почвах.

Это геохимически контрастный комплекс, обусловленный, в первую очередь, резкими различиями окислительно-восстановительных условий на повышенных и пониженных элементах рельефа.

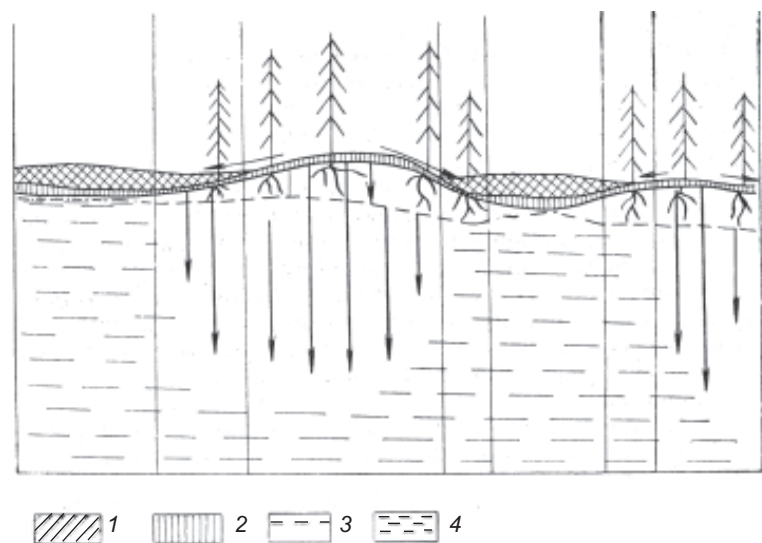


Рис. 17. Местный геохимически резко контрастный таежно-болотный ландшафт: 1 – торф; 2 – гумусовый горизонт; 3 – граница почвенного яруса; 4 – грунтовая вода

В условиях расчлененного крутосклонного рельефа геохимическая контрастность трансэлювиальных и трансаккумулятивных элементарных ландшафтов создается за счет перемещения твердого материала и растворенных веществ сверху вниз по склону. Чем интенсивнее эродируется верхняя часть склона и чем сильнее идет аккумуляция материала в его нижней половине, тем контрастнее трансэлювиальные и трансаккумулятивные фации. Обычно подобная картина создается на определенной стадии развития рельефа при господстве выпукло-вогнутых склонов. Накопление в нижней части склона более мощного слоя мелкоземистого материала (в случае ортоэлювиальных или

параэлювиальных ландшафтов) и выходы на поверхность скальных пород в верхней его части создают прежде всего контрастность в характере почв и растительном покрове. Часто верхняя часть склона представляет скальную, беспочвенную фацию или фацию с фрагментарными почвами, покрытыми литофильной растительностью (мхами, лишайниками), в то время как нижняя часть склона занята полноразвитыми почвами и сложившимися древесными, кустарниковыми или травянистыми группировками. Это геохимически резко контрастный местный трансэлювиальный ландшафт с разнотипными фациями в верхней и нижней частях склона.

Наряду с перемещением по склонам твердых частиц благодаря делювиальным и солифлюкционным и собственно-гравитационным процессам происходит во многих случаях дифференциация фаций и по составу водных мигрантов. Вымывание ряда веществ из почв и коры выветривания фаций верхних частей склонов может при определенном соотношении осадков, дессукации, испарения и стока привести к накоплению этих веществ в наносах и почвах нижних частей склонов. Подобной дифференциации по составу водных мигрантов не наблюдается лишь в условиях очень влажного климата, при грубообломочном характере склоновых отложений, когда и нижние части склонов заняты элювиальными фациями. Слабая геохимическая контрастность верхних и нижних частей склонов наблюдается также и в условиях экстрааридных, где испарение во много раз превышает количество осадков, и продукты выветривания и почвообразования подвергаются преимущественно механическому перемещению.

При определении степени геохимической контрастности транзитных ландшафтных фаций нужно сравнивать ландшафтные фации, находящиеся выше и ниже перегибов склона, там, где резко изменяются условия миграции. Если же склон прямой, то изменение геохимических фаций может происходить очень постепенно, без четких границ. Каждый нижележащий по склону участок может очень слабо отличаться от предыду-

щего, но, постепенно накапливаясь, эти малые изменения дают резкое различие крайних членов.

Геохимическая контрастность склоновых ландшафтов резко возрастает при условии выходов в какой-либо части склона грунтовых вод.

Здесь появляются особые трансупераквальные, или, как называет их К. Г. Раман, фонтинальные фации. Это могут быть висячие болотца, влажные луга или заболоченные леса. Ниже выходов источников склон испытывает большее или меньшее (в зависимости от дебита) влияние натечных грунтовых вод.

Особенно велика геохимическая контрастность склоновых фаций выше и ниже выходов родников в случае, если воды последних минерализованы. Иногда эти воды не связаны с верховодкой, а представляют глубинные источники, что вызывает появление чуждых окружающим ландшафтам автономных трансупераквальных фаций.

В условиях мягкого рельефа холмистых равнин, сложенных рыхлыми отложениями, геохимическая контрастность верхних и нижних частей склонов может быть менее заметна, если только не происходит поверхностной эрозии почв, или (в условиях влажного климата и тяжелых грунтов) заболачивания нижних частей склонов за счет делювиальных вод.

Рассмотрим несколько примеров, касающихся местных гидрогенных ландшафтов. Последние располагаются обычно на более низкой ступени рельефа, по сравнению с литогенными ландшафтами, и представляют по преимуществу широкие поймы больших речных долин, заболоченные депрессии, озерные котловины, древнеаллювиальные или дельтовые слабодренированные равнины.

Геохимическая однородность или разнородность гидрогенных ландшафтов зависит от соотношения уровня грунтовых вод и каймы капиллярно подпертой влаги с поверхностью рельефа. Высота капиллярной каймы, определяющая мощность катагенетического горизонта в супераквальных ландшафтах, изменяется в зависимости от механического со-

става наносов и почв. В песчаных наносах она очень невелика, составляет менее 50 см, в суглинках и глинах может достигать 2,5–3,0, максимум 6 м.

Представим себе низменную равнину, сложенную песчаными отложениями (рис. 18, *а*). Здесь даже незначительные колебания относительных высот в 1,0–1,5 м могут вызвать комплексность и значительную геохимическую неоднородность местных ландшафтов. В депрессиях рельефа вода может стоять на поверхности или пропитывать всю толщу почвы, вызывать постоянно восстановительный режим и появление болотной растительности и почв. На небольших повышениях рельефа в 1,5 м верхние 100 см будут находиться в окислительных условиях, и только на глубине более 100 см в капиллярной кайме они могут сменяться восстановительными. Верхняя часть почвенной толщи может быть не оглеена, а болотная растительность сменяется луговой. Две фации, чередование которых дает местный гидрогенный лугово-болотный ландшафт, геохимически контрастны и принадлежат к двум разным типам супераквальных элементарных ландшафтов. При той же степени расчленения рельефа в 1,0–1,5 м в суглинистых и глинистых грунтах степень геохимической дифференциации фаций, приуроченных к различным элементам микрорельефа, может быть не столь велика, так как капиллярная кайма как в депрессиях, так и на повышениях достигает поверхности и в зависимости от уровня стояния вод может вызвать появление участков более или менее заболоченного луга (рис. 18, *б*). При еще более высоком стоянии вод, выходящих в депрессиях рельефа на поверхность, геохимическая контрастность может снова возрасти, так как каждая депрессия будет представлять элементарный аквальный ландшафт (рис. 18, *в*).

В случае засоленных грунтовых вод и испарительного режима геохимическая контрастность фации повышений и понижений рельефа может быть очень велика. В то время как понижения могут быть заняты солончаковыми болотцами или водоемами, все положительные формы рельефа представляют

собой своеобразные фитили, через которые идет испарение вод и засоление всей толщи грунтов и почв, часто с образованием корковых солончаков. Подобные геохимические контрастные ландшафты типичны для древнеаллювиальных равнин аридных областей. На аллювиальных равнинах геохимическая контрастность отдельных фаций усиливается неоднородностью механического состава слагающих эти равнины наносов, обладающих различными водно-физическими и физико-химическими свойствами и различным химическим составом.

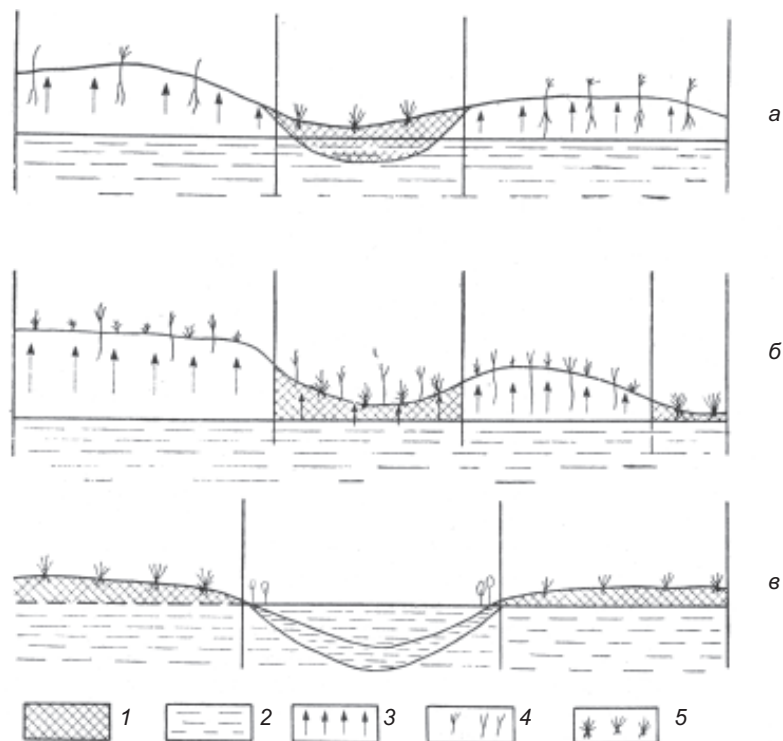


Рис. 18. Местные гидрогенные ландшафты, а – геохимически резко контрастный лугово-болотный ландшафт, б – геохимически слабоконтрастный ландшафт заболоченной луговой равнины, в – геохимически резко контрастный болотный ландшафт с водоемами 1 – торф, 2 – грунтовая и поверхностная вода, 3 – слой капиллярно-подпертой влаги, 4 – луговые растения, 5 – болотные растения

Большое значение имеет также застойность или проточность грунтовых и поверхностных вод. В трансупераквальных условиях, где воды проточны, обогащены кислородом, геохимическая контрастность отдельных фаций меньше, чем в условиях водозастойного режима.

Выше мы рассмотрели геохимические сопряжения в ландшафтах, обусловленные главным образом особенностями рельефа и физическими свойствами пород, которые определяют соотношение поверхностного, внутрпочвенного и грунтового стоков. Не менее существенное значение для геохимической дифференциации фаций, слагающих тот или иной местный ландшафт, имеет геологическое устройство территории.

Рассмотренные нами примеры касались преимущественно геологически однородных монокристаллических ландшафтов.

Часто геохимическая контрастность в местных ландшафтах связана с неоднородностью литологического состава коренных пород или наносов. Подобные ландшафты можно назвать гетеролитными (рис. 19).

В зависимости от степени различий коренных пород и от особенностей геологической структуры степень геохимической контрастности может проявиться в большей или меньшей мере. В случае пластовых равнин плакорные поверхности будут литологически однородны, в то время как склоны могут быть крайне разнородными. В случае складчатых денудационных равнин литологическая неоднородность проявится и на относительно выровненных поверхностях. Выше в качестве примера геохимически слабоконтрастного местного ландшафта была приведена лессовая степная равнина. В случае, если под толщей лессов залегают соленосные глины и местами они вскрыты эрозией, появление их близ поверхности резко изменяет характер элювиально-аккумулятивных фаций: появляются солонцеватые почвы с высокой щелочностью, и в депрессиях благодаря делювиальному переносу накапливаются соли.

В данном случае геохимическая контрастность обусловлена гетеролитностью ландшафта и резким изменением состава

ва и концентрации растворов, мигрирующих в местные депрессии рельефа. Примером гетеролитного, но слабоконтрастного ландшафта могут служить некоторые участки Казахского мелкосопочника в степной или полупустынной зонах. На вершинах и склонах сопок выходят разнообразные палеозойские осадочные и изверженные породы (песчаники, известняки, граниты), представляющие местные орто- и параэлювиальные ландшафты каменистой степи на маломощных светло-каштановых почвах, несколько варьирующие в зависимости от состава пород; понижения между сопками затянуты плащом суглинистого делювия и представляют неоэлювиальные ландшафты сухих равнин и типчаково-ковыльно-полынных степей с полноразвитыми светло-каштановыми почвами. В совокупности сопки и разделяющие их пологоволнистые равнины представляют однотипный ландшафт, состоящий из различных подтипов и родов элементарных ландшафтов, или фаций.

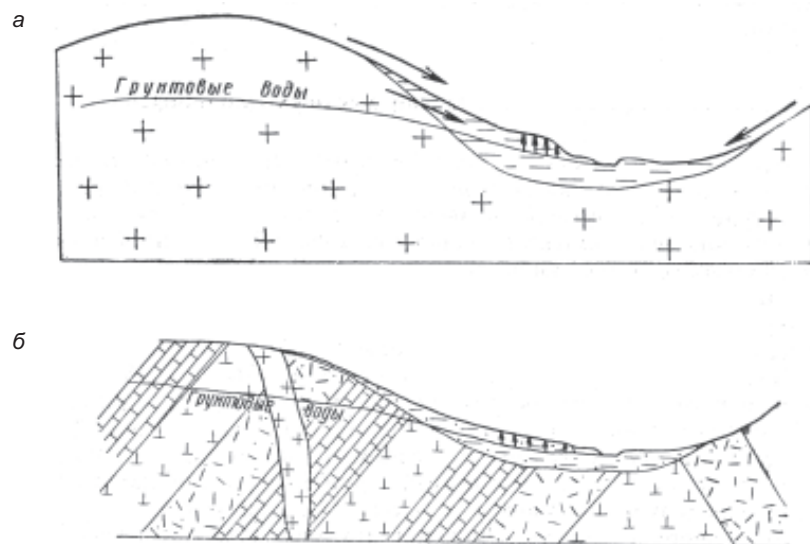


Рис. 19. Монолитные и гетеролитные местные ландшафты: а – монолитный ландшафт гранитного массива; б – гетеролитный ландшафт массива, сложенного вулканогенно-осадочной толщей

В заключение можно сказать, что геохимическая контрастность различных фаций, слагающих местные ландшафты, имеет очень большое практическое значение как при геохимических поисках полезных ископаемых, так и особенно при оценке территории для сельскохозяйственных целей. Наличие геохимически резко контрастных комплексов может затруднить применение определенных методов обработки, удобрения и мелиорации, так как каждый отдельный контур нуждается в существенно иных мероприятиях. Часто самой первой мелиоративной задачей для таких территорий является уничтожение или ослабление геохимической пестроты ландшафтов.

Основные принципы типологии местных ландшафтов

Все признаки, свойственные местным ландшафтам – типологический состав фаций доминантов, мощность ландшафта, структура ландшафтных звеньев, характер геохимического сопряжения автономных и подчиненных фаций, геохимическая контрастность и геохимическая пестрота (мелкоконтурность) ландшафтов имеют классификационное значение и могут быть использованы при объединении ландшафтов в типологические группы того или иного ранга.

Во всякой классификационной системе объекты, объединяемые в группы различного таксономического ранга, имеют различную степень общности (или сходства). Самые крупные классификационные группы объединяют объекты, сходные лишь по одному или немногим, наиболее существенным (т.е. определяющим многие остальные) свойствам.

Выделение в пределах каждой данной таксономической классификационной группы более мелких подгрупп основывается на учете дополнительных свойств объектов. На самых drobных ступенях классификационной системы объекты, объединяемые в одну типологическую группу, обладают наибольшим числом сходных признаков.

Это общее положение относится и к системе классификации ландшафтов.

Конкретные ландшафты могут быть объединены в типологические группы различного ранга. Подобно тому, как мы говорим о типах, подтипах, классах, родах и видах элементарных ландшафтов, мы можем выделить подобные ранги классификации местных ландшафтов, или местностей,

Типы местностей по еще более общим признакам можно объединять в более крупные таксономические группы (классы, семейства, ряды и т. д.).

На этих более высоких ступенях классификационной лестницы ландшафты, принадлежащие к одной типологической группе, обладают все меньшим числом общих признаков.

При построении классификационной системы необходимо определить, какие свойства ландшафтов следует учитывать при объединении их в таксономические группы различного ранга.

В табл. 18 приводится система соподчинения таксономических ландшафтных единиц и критерии, позволяющие объединить конкретные местные ландшафты в различные таксономические группы.

Наиболее крупная таксономическая группа – ряды ландшафтов – объединяет ландшафты в зависимости от доминирования элювиальных или супераквально-аквальных фаций (или в случае отсутствия доминантов, сочетания их). По этому признаку выделяются три ряда местных ландшафтов:

1) биолитогенный (с преобладанием элювиальных фаций); 2) биолитогидрогенный (при равном соотношении элювиальных, супераквальных и аквальных фаций); 3) биогидрогенный с преобладанием супераквальных и аквальных фаций, геохимически слабоподчиненных, или автономных.

В пределах каждого ряда выделяются большие группы местных ландшафтов по доминирующему типу фаций. Число групп соответствует числу типов элементарных ландшафтов, так как каждый из них может быть фацией-доминантом. Кроме того, могут быть выделены группы, где сочетаются элемен-

тарные ландшафты различных типов без явного преобладания какого-либо одного типа – это ландшафты лесостепи, лесотундры и ряд других.

Таблица 18

Таксономические единицы классификации местных ландшафтов

| Наименование типологической единицы | По каким признакам выделяется |
|-------------------------------------|--|
| Ряд | доминирующий ряд элементарных ландшафтов (биолитогенный, биолитогидрогенный, биогидрогенный) |
| Большая группа | доминирующий тип элементарного ландшафта или, в случае отсутствия доминанта, сочетание типов |
| Семейство | мощность ландшафта (глубина зоны дренирования и запас потенциальной энергии, проявляющейся в силе тяжести) |
| Класс | геохимический фон: состав исходных пород (для гидрогенных ландшафтов – вод), коры выветривания, наносов |
| Тип | характер геохимического сопряжения автономных и подчиненных фаций |
| Подтип | структура ландшафтных звеньев |
| Вид | соотношение площадей доминантных и подчиненных фаций |
| Подвид | дробность контуров (геохимическая пестрота) |

Ландшафты, объединенные первыми двумя рядами (биолитогенным и биолитогидрогенным), образуют з о н а л ь н у ю г р у п п у местных ландшафтов, в то время как ландшафты биогидрогенного ряда представляют и н т р а з о н а л ь н ы е геохимически слабоподчиненные, или геохимически автономные гидрогенные ландшафты.

В пределах той или иной группы могут быть выделены с е м е й с т в а местных ландшафтов, отличающиеся по степени мощности (горные, низкогорные, холмисто-равнинные, плоскоравнинные и т. д.).

Дальнейшее подразделение внутри семейств, объединяющих ландшафты одной и той же мощности, производится в соответствии с геохимическим фоном, т. е. в зависимости от господствующих на данной территории комплексов пород, или

наносов (для гидрогенных ландшафтов – состава вод), определяющих местные кларки различных элементов и формы их нахождения в исходном субстрате.

Древняя кора выветривания и другие, унаследованные от прошлых периодов развития ландшафтов, реликтовые геохимические черты (в вертикальном профиле и в структуре ландшафтных звеньев) выступают по отношению к современным процессам в качестве определенного геохимического фона. Поэтому геохимическая история ландшафтов учитывается на этой же ступени классификационной лестницы.

Особенности геохимического фона позволяют выделять в пределах семейства ландшафтов (определенной мощности) различные классы местных ландшафтов.

Принятая последовательность выделения типологических единиц показывает, что при рассмотрении геологической истории и истории развития ландшафтов мы ограничиваемся учетом лишь тех особенностей геологического строения и связанного с ним геохимического фона, которые характеризуют толщину пород и наносов, лежащих в современной зоне дренирования. Исключение могут представлять лишь те сравнительно редкие ландшафты, геохимия которых тесно связана с гипогенными процессами (современные вулканические области).

Ландшафты одного и того же класса могут включать большее или меньшее число типов местных ландшафтов.

Основанием для разделения местных ландшафтов, принадлежащих одному классу, на типы является характер геохимического сопряжения, выражающийся в степени геохимической контрастности автономных и подчиненных фаций. Приведенные в предыдущем разделе примеры различной степени контрастности местных ландшафтов с одним и тем же типом фации доминанта, одной мощности и одинакового геохимического фона показывают, насколько значительной таксономической единицей является тип местного ландшафта.

Тип местного ландшафта связан с особенностями рельефа и физическими свойствами пород и наносов, определяю-

щими пути и формы миграции вещества в ландшафтах и распределение геохимических полей с различными окислительно-восстановительными условиями. В зависимости от перераспределения влаги, химических элементов и окислительно-восстановительных условий формируются в ландшафтах те или иные биологические барьеры.

Приведем некоторые примеры выделяемых таксономических единиц. В табл. 19 приводится перечень основных зональных литогенных, литогидрогенных и интразональных гидрогенных ландшафтов, распространенных на территории СССР.

Кроме названных выше биолитогенных и биогидрогенных ландшафтов, можно привести примеры *собственно литогенно-гидрогенных – это скально-снежные ландшафты высокогорий и высокоарктических широт. Собственно литогенные ландшафты – это подвижные пески пустынь.*

Каждая из выделенных в табл. 19 больших групп ландшафтов может включать несколько семейств. Так, например, в группе северотаежных пермацидных ландшафтов в пределах СССР встречаются семейства горных, низкогорных, холмисто-равнинных и плоскоравнинных ландшафтов.

Названные семейства таежных пермацидных ландшафтов могут быть подразделены в зависимости от геохимического фона на большее или меньшее число классов. Наибольшее число классов, естественно, можно выделить в семействе горных и низкогорных ландшафтов, где геохимический фон благодаря сложному геологическому устройству разнообразен и изменяется не только по литологическим комплексам пород, но и по принадлежности к той или иной структурно-металлогенной зоне.

В пределах семейства горных северотаежных пермацидных ландшафтов Урала можно выделить следующие классы ландшафтов (табл. 20).

Как видно из приведенной таблицы, число классов местных ландшафтов, даже в пределах относительно небольшой территории горно-таежного Урала, равняется 25. Если учесть

Основные зональные и интразональные группы ландшафтов, выделяемые по составу фаций-доминантов

| Географический пояс | Зональные | | Интразональные, биогидрогенные |
|---------------------|---|--|---|
| | биолитогенные | биогазогенные | |
| Полярный | арктические мохово-лишайниковые мерзлотные | | |
| Субполярный | тундровые мохово-лишайниковые мерзлотные тундровые кустарничковые мерзлотные тундрово-редколесные мерзлотные тундровые мохово-лишайниковые, пермацидные тундровые, кустарничково-травяные, пермацидные лесотундровые | тундрово-болотные мерзлотные тундрово-болотные болотные лесотундровые | субарктические лугово-болотные долин крупных рек субарктические лугово-солончаковые приморских низменностей верховые болота с мерзлотой |
| Бореальный | северотаежные мерзлотные таежные мерзлотные лугово-лесные мерзлотные лесостепные мерзлотные северотаежные пермацидные южнотаежные пермацидные лесные пермацидные лугово-лесные пермацидные лесостепные пермацидно-импермацидные | таежно-болотные мерзлотные таежно-лугово-солончаковые мерзлотные таежно-болотные болотно-лесные | лугово-лесные мерзлотные, долин крупных рек верховые болота лугово-лесные долин крупных рек |
| Суббореальный | степные импермацидно-пермацидные степные импермацидные пустынно-степные поверхностно-импермацидные пустынные кустарниковые поверхностно-импермацидные (песчаные пустыни), пустынные травянистые поверхностно-импермацидные (глинистые пустыни), пустынные водорослево-лишайниковые поверхностно-импермацидные (такыры) субтропические пустынные (эфемерово-травяные) поверхностно-импермацидные субтропические кустарниковые импермацидные субтропические лесные импермацидные субтропические лесные пермацидные. | лугово-степные солончаково-степные солонцово-степные пустынно-солончаковые субтропические болотно-лесные | лугово-лесные пойм крупных транзитных рек плавни тугаи болотно-лесные пойм и дельт крупных рек |

разнообразии структурно-металлогенических и литологических комплексов импермацидных мерзлотных горных северо-таежных ландшафтов Сибири, число классов значительно увеличивается.

На аккумулятивных равнинах, где геологический фундамент находится вне зоны дренирования, классы ландшафтов менее разнообразны и выделяются преимущественно по литолого-химическим комплексам наносов. Наряду с классами монолитных местных ландшафтов, имеющими источником рассеяния элементов одну и ту же исходную породу, в природе широко распространены гетеролитные местные ландшафты со сложным геологическим устройством и частой сменой существенно различных литологических комплексов пород или наносов. В последнем случае изучение и анализ геохимических связей между автономными и подчиненными ландшафтами.

Таблица 20
Классы местных горных северо-таежных пермацидных ландшафтов

| Литологические комплексы | Металлогенические зоны | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| | Западно-Уральский крайевой прогиб | Центрально-Уральский антиклинорий | Зелено-каменный синклинорий |
| Изверженные кислые | - | - | + |
| Изверженные средние | - | - | + |
| Изверженные основные | - | + | + |
| Изверженные ультраосновные | - | + | + |
| Метаморфические кислото-состава | - | + | + |
| Метаморфические основного состава | - | + | - |
| Осадочные кремнеземистые | + | - | + |
| Осадочные кремнеглиноземные | + | - | + |
| Осадочные карбонатные | + | - | + |
| Осадочные битуминозные | + | - | + |

Следующей, более низкой таксономической единицей является тип местного ландшафта.

В таблицах 21 и 22 приведены примеры некоторых типов местных таежных пермацидных и степных импермацидно-пермацидных ландшафтов.

Каждая клетка этих таблиц, обозначающая присутствие в составе ландшафтных звеньев того или иного элементарного ландшафта, могла бы быть развернута в вертикальную геохимическую колонку ландшафта. Ряд таких колонок, характеризующих отдельные элементарные ландшафты, может дать представление о характере геохимических сопряжений в тех или иных типах местных ландшафтов.

На рис. 20 показаны схематические профили некоторых типов таежных пермацидных ландшафтов сиаллитного класса, приведенных в табл. 19.

Общее число типов местных ландшафтов велико. В данном руководстве нет возможности дать их полный систематический список и диагностику.

Подобный перечень с краткой характеристикой основных диагностических структурных и геохимических признаков типов местных ландшафтов мог бы составить особый том.

Поэтому мы ограничиваемся здесь лишь изложением возможных принципов выделения таксономических групп местных ландшафтов различного ранга.

Более низкой таксономической ступенью вслед за типом местного ландшафта является подтип местного ландшафта. Подтипы выделяются в пределах типов в зависимости от деталей структуры ландшафтных звеньев. Здесь могут выделяться подтипы простых и сложных, одноярусных и многоярусных ландшафтов.

В зависимости от соотношения площадей доминантных и подчиненных фаций или площадей, занимаемых различными типами ландшафтных звеньев в сложных ландшафтах, можно выделять в пределах ландшафтов одного подтипа виды ландшафтов.

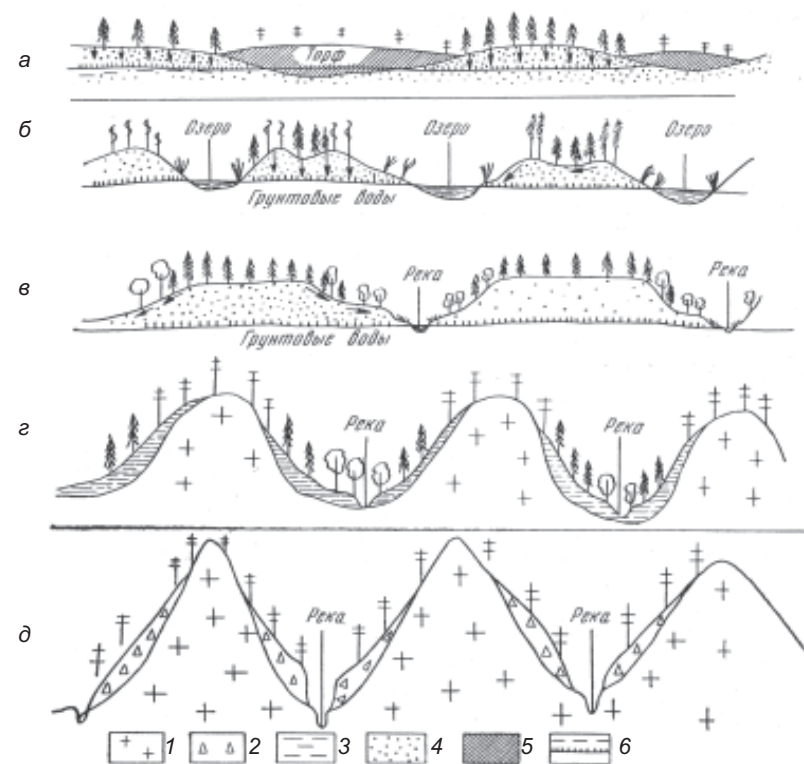


Рис. 20. Схематические профили различных типов местных таежных ландшафтов: а – таежно-рямовый; б – таежно-озерно-болотный; в – таежно-займищный; г – горно-таежно-долинный; д – крутосклонно-горно-таежно-долинный; 1 – коренные породы; 2 – гравитационные наносы; 3 – делювиально-солифлюкционные наносы; 4 – моренные отложения; 5 – водоемы; 6 – грунтовые воды

Наконец, самой мелкой таксономической единицей в классификации местных ландшафтов является подвид местного ландшафта. Подвиды ландшафтов выделяются в пределах видов в зависимости от дробности контуров или геохимической пестроты ландшафта. Вопрос о значении соотношения площадей, слагающих местный ландшафт фаций, их форм и размеров был подробно рассмотрен ранее.

Типы таежных пермацидных местных ландшафтов сиаалитного класса

| Местные ландшафты | | Фации | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------------------------------|-------------|---------------------|----------------|-------------|---------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------|----------------|
| | | автономные | | транзитные | | | | конечных базисов аккумуляции | | | |
| | | элювиальные | супераккумулятивные | аккумулятивные | элювиальные | элювиально-аккумулятивные | супераккумулятивные | аккумулятивные | элювиально-аккумулятивные | супераккумулятивные | аккумулятивные |
| Равнинные | таежно-рямовый | +++ | +++ | + | - | - | - | + | - | - | - |
| | таежно-рямово-займищный | +++ | +++ | + | + | + | ++ | + | - | - | - |
| | таежно-рямовый озерно-болотный | +++ | +++ | | - | - | - | + | + | +++ | + |
| | таежно-займищный | ++++ | - | - | ++ | ++ | ++ | + | - | - | - |
| | таежно-займищный озерно-болотный | +++ | - | - | + | + | + | + | + | ++ | ++ |
| | таежно-речной | + | - | - | + | + | - | + | - | - | - |
| Горные | плоскогорный таежно-долинный | ++ | - | - | +++ | ++ | + | + | - | - | - |
| | горно-таежно-долинный | - | - | - | +++ | +++ | + | + | - | - | - |
| | крутосклонный, горно-таежно-долинный | - | - | - | +++ | - | - | + | - | - | - |

Примечание. Фация занимает более 50% площади – +++++; от 50 до 25% – ++++; от 25 до 10% – +++; менее 10% – +

Таблица 22

Типы степных импермацидно-пермацидных местных равнинных ландшафтов

| Местные ландшафты | | Фации | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---|---------------|-------------|--------------------------|---|---------------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------|----------------|
| | | автономные | | транзитные | | | | конечных базисов аккумуляции | | | |
| | | импермацидные | пермацидные | элювиально-импермацидные | элювиально-аккумулятивные импермацидные | элювиально-аккумулятивные пермацидные | супераккумулятивные | аккумулятивные | элювиально-аккумулятивные | супераккумулятивные | аккумулятивные |
| Карбонатного класса | плоскоравнинный степной, западино-потускулярный | ++++ | ++ | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | степной, ложбинно-потускулярный | +++ | - | ++ | - | ++ | + | - | - | - | - |
| | степной, равнинно-долинный | ++++ | - | ++ | + | - | ++ | + | - | -- | - |
| | степной, равнинно-озерный | +++ | - | + | - | - | - | - | ++ | ++ | + |
| | степной, холмисто-долинно-равнинный | - | - | +++ | +++ | - | + | + | - | - | - |
| Хлоридно-сульфатного класса | солонцово-степной, западинно-потускулярный | +++ | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | степной, солонцово-ложбинный | +++ | - | ++ | - | ++ | | | - | - | - |
| | степной, солонцово-солончаково-долинный | +++ | - | + | + | - | ++ | + | - | - | - |
| | степной, солонцово-солончаково-озерный | +++ | - | + | - | - | - | - | ++ | ++ | ++ |
| | степной, холмистый солонцово-долинный | - | - | +++ | +++ | - | ++ | + | - | - | - |

Примечание. Крестики имеют то же значение, что и табл. 21

Изложенные принципы и система классификации местных ландшафтов касается лишь природных ландшафтов, слабо измененных хозяйственной деятельностью людей.

Если территория освоена и представляет собой то или иное хозяйственное угодье (выгон, сенокос, пашня, сад, искусственный водоем), она не может быть объединена с соседними, природными ландшафтами, хотя в прошлом и те и другие могли быть одинаковыми.

Если контур хозяйственного угодья велик (например, распаханые водораздельные равнины), он может включать ряд элементарных ландшафтов или фаций, в той или иной мере измененных культурой, или вновь созданных в процессе хозяйственной деятельности (неравномерного внесения удобрений, различных норм полива и т.д.). В этом случае мы имеем дело с особым природно-хозяйственным угодьем или местным культурным ландшафтом, в котором участки различных фаций представляют в зависимости от степени их контрастности различные типы, подтипы или роды местообитаний культурных растений.

Но, с другой стороны, любая хозяйственная деятельность людей, обусловленная уровнем развития науки, производительных сил и социальными условиями, основывается на использовании законов природы и управлении ими.

Внесение удобрений – это изменение существующего природного геохимического фона; поле тех или иных культурных растений – это определенный геохимический барьер для ряда элементов, часть которых отчуждается с урожаем; система обработки или полив – это изменение путей и форм миграции вещества и общих гидротермических условий; осушение – это изменение окислительно-восстановительных условий; известкование – это, кроме внесения ряда новых элементов, также изменение реакции среды и т. д.

Таким образом, любую сторону хозяйственной деятельности человека следует рассматривать как особый, чрезвычайно мощный, но в то же время определенный геохимический

фактор. Поэтому культурные ландшафты в зависимости от степени и характера их преобразования человеком займут определенное место в общей системе классификации ландшафтов. Мы знаем ряд типов элементарных ландшафтов, свойственных только культурным ландшафтам, не говоря уже о более дробных единицах. Сильно удобренные поля, с существенно иными кларками макро- и микроэлементов – это особые роды элементарных или особые геохимические классы местных ландшафтов.

Тот или иной тип организации территории и системы ее использования определяют характер местных культурных ландшафтов.

Важным и в настоящее время нерешенным вопросом является рациональная номенклатура различных типов местных ландшафтов. А.И. Перельман (1953) предлагает ввести на определенной ступени разделения ландшафтов местные названия (карельские, петрозаводские, донские и т. д.).

Этот способ, по-нашему мнению, хорош при выделении ландшафтно-геохимических районов, когда требуется подчеркнуть не столько общность, сколько индивидуальные черты ландшафтов данного региона. При типологии ландшафтов и составлении типологических карт следует вводить для обозначения того или иного типа местности по возможности короткие народные названия, которые могут быть нарицательными. Многие из них собраны Э. и В. Мурзаевыми в словаре местных географических терминов (1959).

Ряд народных терминов можно было бы вполне узаконить в номенклатуре типов местных и элементарных ландшафтов.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Чтобы научно объяснить особенности данного конкретного ландшафта, а не ограничиваться лишь установлением коррелятивных связей, нужно применить такие методы исследования, которые позволили бы выяснить картину распределения химических элементов в ландшафтах и вскрыть закономерности их миграции.

Эта задача может быть выполнена при условии применения наряду со старыми, описательными методами, новых, более совершенных ландшафтно-геохимических методов исследования.

Сущностью ландшафтно-геохимических методов является: 1) сопряженный анализ химического состава основных компонентов элементарных ландшафтов: горных пород, коры выветривания, почв, растений, животных, грунтовых и поверхностных вод, позволяющих вскрыть картину распределения химических элементов в вертикальном профиле того или иного элементарного ландшафта; 2) сопоставление вертикальных геохимических профилей элементарных ландшафтов, образующих ландшафтные звенья, т. е. слагающих геохимические сопряженные ряды.

Первое позволяет установить закономерности миграции элементов в вертикальном профиле данного элементарного

ландшафта, а второе – вскрыть характер геохимического сопряжения в данном местном ландшафте.

Чем отличается ландшафтно-геохимический метод исследования от обычных, проводимых в широких масштабах исследований тех или иных компонентов ландшафтов (почв, грунтовых и поверхностных вод, донных отложений озерных водоемов, растений), сопровождающихся химическими анализами?

В большинстве случаев анализы отдельных компонентов ландшафтов производятся без учета геохимических сопряжений с другими компонентами. Особенно это относится к анализам поверхностных и грунтовых вод; они обычно не сопровождаются анализом горных пород или коры выветривания солесборных областей. В книге М.Ф.Томме (1948) имеются сводки по химическому составу золы растений, но отсутствуют какие-либо сведения о химическом составе почв, на которых эти растения собраны. Большинство стандартных почвенных исследований ограничивается анализом лишь почвенных горизонтов и материнской породы и не сопровождается анализами растений, произрастающих на данной почве, и составом грунтовых вод, заключенных в более глубоких частях коры выветривания.

Подобные отрывочные материалы могут быть интерпретированы при ландшафтно-геохимическом анализе лишь после дополнительных, проведенных по полной программе ключевых ландшафтно-геохимических исследований.

В последние 15-20 лет, после работ Б.Б.Полынова, ландшафтно-геохимический сопряженный метод исследования (почв, пород, золы растений и почвенных вод) стал широко применяться при углубленных почвенных исследованиях (В.А.Ковда, А.И.Троицкий, Е.И.Парфенова и Е.А.Ярилова, Н.П. Базилевич, Н.Б.Ремезов и К.М.Смирнова, В.М.Боровский, В.В.Пономарева и многие др.). Очень много для выяснения геохимических закономерностей в ландшафтах дали работы А.А.Роде и его сотрудников (А.Ф.Большакова, П.В. Васильева и др.) по изучению водного режима различных типов почв и солевого режима почв полупустынной зоны.

Применение методов геохимии ландшафтов чрезвычайно обогатило современное советское почвоведение и дало ему многие, пока еще, к сожалению, недостаточно практически используемые преимущества по сравнению с почвоведением во многих зарубежных странах.

Методы геохимии ландшафтов начинают внедряться и в практику работы географов, что требует их подготовленности в области химии, геохимии и минералогии, т. е. наук, методы которых широко используются при геохимических исследованиях ландшафтов.

Кроме того, обработка результатов многочисленных анализов (например, данных спектральных анализов) требует приложения методов современной вычислительной математики, методов программирования, с которыми большинство географов также весьма слабо знакомы, а поэтому не могут использовать всех преимуществ математических методов анализа.

Следовательно, для успешного приложения методов геохимии ландшафтов нужно думать о соответствующей общей естественноисторической подготовке специалистов в области учения ландшафтов.

Всякий раз приложение нового метода исследования к старым объектам дает новый качественный скачок в развитии науки.

Широкое применение методов геохимии ландшафтов вооружит географов новыми фактами и приведет к новым теоретическим обобщениям и практическим выводам.

Глава III

ПОДГОТОВКА К ПОЛЕВЫМ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ И ПРОВЕДЕНИЕ ИХ

Объем и программа ландшафтно-геохимических исследований определяются практическими задачами, масштабом исследований, а также степенью общей географической изученности данной территории.

Ландшафтно-геохимические исследования, проводимые для целей поисков полезных ископаемых, несколько отличаются по своей методике от исследований, связанных с выявлением эндемичных заболеваний животных и людей, обусловленных геохимическими особенностями данной местности.

Ландшафтно-геохимические исследования, проводимые с мелиоративными целями, несколько отличаются от подобных же, но имеющих в виду санитарно-курортологическую оценку территории.

Однако все эти частные, специальные ландшафтно-геохимические методы являются дополнением к основным методам исследования, обязательным при выполнении любой специальной практической задачи.

В настоящем руководстве мы рассмотрим преимущественно эти общие, во всех случаях обязательные приемы исследования.

Ландшафтно-геохимические исследования той или иной территории состоят, как правило, из следующих этапов: 1) предварительного предполевого периода; 2) полевых ландшафтно-

геохимических исследований с заложением ландшафтно-геохимических профилей и сбором материалов для последующих анализов; 3) проведения различного рода анализов (химических, спектральных, полярографических, минералогических) в камеральный период и 4) обработки материалов полевых и лабораторных исследований, завершающихся составлением ландшафтно-геохимических профилей, общей ландшафтно-геохимической карты и описанием геохимии ландшафтов изучаемой территории.

Подготовка к полевым исследованиям

Успех полевых исследований в значительной мере зависит от того, насколько глубоко перед выездом в поле исследователь изучит все материалы, касающиеся ландшафтно-геохимических особенностей данной территории. Эти материалы он может почерпнуть как из литературных источников (печатных и фондовых), так и из общих и специальных карт (различных масштабов): общегеографических, материалов аэрофотосъемки, геологических, геоморфологических, почвенных, геоботанических, гидрогеологических и гидрохимических.

Изучение общегеографических карт и подготовка топографической основы

Знакомство с территорией будущих работ лучше всего начать с подбора и изучения общегеографических карт различного масштаба, относящихся к данной территории. В зависимости от того, в каком масштабе будут проводиться исследования, на изучаемую территорию подбирают листы топографической карты различных масштабов. Кроме заданного масштаба, производится подборка листов карт как более крупного масштаба, которые будут основой для проведения полевых работ, так и более мелкомасштабных обзорных карт.

Внимательное изучение листов общегеографических карт различных масштабов может дать общее представление о территории и выявить ряд ее ландшафтно-геохимических особенностей.

Прежде всего общегеографическая карта позволяет судить о рельефе изучаемой территории, степени его вертикального и горизонтального расчленения, а, следовательно, о мощности ландшафтов. На основании общегеографических карт можно судить о наличии или отсутствии плакорных водораздельных поверхностей и связанных с ними автономных ландшафтов, о крутизне и протяженности склонов и, следовательно, о доле участия трансэлювиальных и трансаккумулятивных ландшафтов, о ширине и характере речных долин, отсутствии или наличии замкнутых депрессий, свидетельствующих о распространении аккумулятивных подчиненных ландшафтов.

Общегеографическая карта показывает густоту и характер речной сети, постоянство или периодический характер водотоков, наличие и характер озер (пресные, соленые, проточные, замкнутые) и их некоторые генетические особенности.

На общегеографической карте мы найдем также указания на места выходов родников и наличие различного рода болот (пресных, соленых), верховых (на водоразделах) и низинных (в долинах и котловинах), а также заболоченных лесов и лугов.

Таким образом, можно еще до выезда в поле получить представление о характере распространения и соотношении супераквальных ландшафтов: автономных (приуроченных к плоским водораздельным равнинам); подчиненных транзитных (на склонах и в долинах малых рек) и подчиненных, находящихся в области конечного местного стока (в замкнутых заболоченных котловинах и по низменным берегам бессточных озер).

На общих физико-географических картах показаны также основные типы растительности: леса различного состава, вырубки, гари, луга, пашни, сады, огороды, выгоны. Все эти сведения могут дать общие представления о закономерностях распространения основных растительных формаций и о сте-

пени и характере использования территории. Если данные листов топографической карты дополнить материалами дешифрирования аэрофотоснимков, представление о растительном покрове территории может быть достаточно полным.

По данным физико-географической карты можно выделить контуры песчаных и каменистых территорий, участки распространения просадочных карстовых форм рельефа и многие другие признаки, имеющие значение для геохимической характеристики территории.

Имеющиеся на картах сведения о дорогах и населенных пунктах полезны при определении мест будущих баз, направления и протяженности маршрутов.

Изучение материалов специальных карт

До выезда в поле нужно собрать оригиналы или, в случае рукописных материалов, копии всех специальных карт, касающихся данной территории. Все эти материалы должны быть учтены в специальной картограмме изученности территории с показом контуров различных специальных карт, их масштабов, сроков исполнения и авторов исследований. Изучение специальных карт должно производиться путем сопоставления каждой из них с общегеографической картой и сопоставления их между собой. Подобный метод позволяет сделать ряд заключений о взаимных связях различных компонентов ландшафтов данной территории.

Геологическая карта дает представление о степени монолитности или гетеролитности территории, линиях контактов различных геологических комплексов, тектонических нарушениях и геологических структурах. Остальные специальные карты (почвенная, ботаническая, геоморфологическая, карта четвертичных отложений) должны рассматриваться вместе и в сопоставлении с геологической и топографической картами. При работе со специальными картами следует ответить на ряд вопросов.

1. Каковы общие геологические условия и условия рельефа изучаемой территории? Существует ли отчетливо выраженная связь между типами и формами рельефа и геологией, и в чем она выражается?

2. Имеется ли связь между геологическим строением территории и ее водоносностью, количеством рек и источников? Не отмечаются ли линии тектонических нарушений и контактов пород частыми выходами родников?

3. Насколько разнообразна территория в почвенно-ботаническом отношении?

4. Какие типы почв и растительности характерны для плакорных автономных ландшафтов, выделяются ли по характеру почв и растительности трансэлювиальные и трансаккумулятивные ландшафты склонов, каков состав почв и растительности местных депрессий, речных долин, заболоченных территорий и т. д.?

Так как для большинства почв в настоящее время установлены типы водного режима (пермацидный, периодически пермацидный, импермацидный, поверхностно-импермацидный, периодически супераквальный, супераквальный, супераквально-аквальный), то почвенная карта может быть основанием для отнесения элементарных ландшафтов данной территории к тому или иному типу. Задача эта особенно облегчается, если наряду с почвенной картой имеется на эту же территорию карта геоботаническая.

Смена почв и растительности по элементам рельефа позволяет сделать ряд заключений о возможных типах местных ландшафтов данной территории.

5. Не присутствуют ли в почвенном покрове изучаемой территории типы почв, свидетельствующие о гетерогенности ландшафтов, и, в частности, наличии вторичных неэлювиальных ландшафтов. Свидетельством подобных ландшафтов могут быть контуры солонцов, различных лугово-степных почв на древних террасовых уровнях, наличие почв со вторым гумусовым горизонтом, осолоделых почв и других?

При рассмотрении почвенных, геоморфологических и геоботанических карт и сопоставлении их с картами четвертичных отложений, древних кор выветривания и геологической особенное внимание следует обратить на связь определенных типов почв, пород и наносов с характером рельефа и растительности, так как это впоследствии в поле поможет судить по внешним признакам ландшафта, по рельефу и растительному покрову о границах распространения определенных почв и пород.

В случае отсутствия специальных карт или невозможности на основании изучения их ответить на поставленные выше вопросы исследователь должен получить необходимые материалы при полевых исследованиях.

Наряду с картографическими материалами, в предполевой период производится ознакомление со всеми печатными и рукописными работами, касающимися геологии, металлогении, геохимии, гидрогеологии, гидрологии, гидрохимии, геоморфологии и палеогеографии, климата, почв и растительности изучаемой территории, а также о характере ее использования. Особенное внимание в последнем случае следует обратить на наличие промышленных предприятий, которые могут быть источником рассеяния тех или иных элементов. Необходимо знать о количестве и составе макро- и микро-удобрений, вносимых на поля и их эффективности, химических мерах, применяемых для борьбы с вредителями сельского хозяйства, и мерах борьбы с болезнями растений. В орошаемых районах необходимы сведения о нормах и системе орошения, режиме грунтовых вод и солевом режиме почв на орошаемых площадях, системе промывок и сброса избыточных оросительных вод.

Если имеется в виду изучение территории с санитарно-курортологическими целями, необходимо собрать материалы о состоянии здоровья людей и животных, о наличии эндемичных заболеваний, связанных с избытком или недостатком некоторых химических элементов в ландшафте.

При изучении территории в целях геохимических поисков полезных ископаемых особое внимание следует уделить:

материалам, рисующим металлогенические особенности данной территории; сведениям о наличии различного рода месторождений, о рудопроявлениях и выявленных геохимических и геофизических аномалиях. Особое значение приобретают также сведения о распространении древней коры выветривания и закрытости территории рыхлыми отложениями различной мощности и генезиса.

Все сведения, которые впоследствии могут быть использованы для геохимической характеристики ландшафтов, данные химических анализов различных компонентов (данные анализов коренных пород, грунтовых и поверхностных вод, золы растений, валовых и иных анализов почв) должны быть выписаны и систематизированы таким образом, чтобы ими было удобно пользоваться в дальнейшем.

Часть сведений, например, данные о местах взятия гидрохимических, почвенных и иных проб, для которых имеются материалы анализов, следует наносить на специальную карту геохимической изученности территории.

Рефераты отдельных работ, табличный, цифровой материал удобнее выписывать не в общие тетради, а на отдельные карточки, что облегчает их дальнейшее использование при окончательной обработке материалов исследований.

В зависимости от полноты имеющихся источников и масштаба исследований до выезда в поле производится предварительное разделение территории с большей или меньшей степенью подробности и достоверности на ландшафтно-геохимические районы.

При выделении крупных ландшафтно-геохимических областей принимаются во внимание три одинаковых по значимости признака территории: *1) принадлежность к структурно-металлогенической провинции; 2) сходство геоморфологической истории и современных типов рельефа (относительное расчленение территории); 3) принадлежность к биоклиматической зоне.*

Следовательно, *ландшафтно-геохимическая область объединяет те зональные группы местных ландшафтов, которые*

принадлежат одному семейству (степень расчленения рельефа) и представлены близкими, но не вполне идентичными классами (единая структурно-металлогеническая провинция).

При разделении областей на районы следует учитывать ряд дополнительных признаков: 1) *частные структурно-металлогенические особенности и литологический состав пород;* 2) *степень обнаженности территорий,* выражающуюся в соотношении площадей ландшафтов, развитых на маломощных продуктах выветривания коренных пород (орто- и параэлювиальные ландшафты) и ландшафтов на мощных наносах (неоэлювиальные ландшафты); 3) *площади, занятые древней корой выветривания, обнажающейся на поверхности;* 4) *площади неоэлювиальных ландшафтов,* имеющих вторичное происхождение (в прошлом гидроморфных); 5) *площади, занятые болотами и заболоченными почвами,* которые являются показателями восстановительных условий; 6) *участие* в составе гидроморфных ландшафтов *засоленных вод* и связанная с этим возможность накопительной концентрации ряда элементов; 7) *степень хозяйственной освоенности территории* (площади пашен, осушаемых или орошаемых земель, вторичных лугов, рудники, разработки, промышленные предприятия и т. д.). Ландшафтно-геохимический район может представлять собой, как следует из перечисленных выше признаков, один местный ландшафт или несколько однотипных местных ландшафтов.

Предварительное разделение территории на ландшафтно-геохимические районы помогает определить план будущих полевых работ: направление и протяженность маршрутов и число ключевых участков, на которых должны быть заложены ландшафтно-геохимические профили.

Полевые ландшафтно-геохимические исследования

При полевых ландшафтно-геохимических исследованиях необходимо: 1) установить типы геохимических сопряжений в местных ландшафтах данной территории; 2) установить достовер-

ные внешние признаки в ландшафтах, которые могли бы служить надежным критерием для проведения границ между отдельными элементарными ландшафтами, составляющими ландшафтные звенья, и между местными ландшафтами, принадлежащими различным типологическим группам; 3) выявить внешние признаки геохимически редких, аномальных ландшафтов, обязанных выходам минеральных вод или пород с повышенной минерализацией, и нанести эти участки на карту; 4) составить общую полевою ландшафтно-геохимическую карту обследуемой территории.

Поставленные задачи осуществляются с помощью заложения ландшафтно-геохимических профилей, дополняемых маршрутными исследованиями.

Маршрутные исследования

Маршрутные исследования рекомендуется проводить на первом этапе полевых работ.

Задачи маршрутных исследований: общее знакомство с территорией, выявление состава элементарных ландшафтов и структуры местных ландшафтов, выбор мест ключевых ландшафтно-геохимических исследований.

Маршруты должны охватить по возможности все выделенные в предполевой период ландшафтно-геохимические районы. При маршрутных исследованиях закладывается ряд рекогносцировочных профилей от местных водоразделов к местным депрессиям с описанием рельефа, растительности, почвенных разрезов, искусственных и естественных обнажений, выходов грунтовых вод, постоянных и периодических водотоков и иных водоемов с указанием на состав донных отложений, с описанием характера водной растительности, скорости течения и расходов воды; для источников – дебита, температуры, цвета и запаха воды.

Линии заложения рекогносцировочных профилей, точки описаний на профилях, а также места описания обнажений нумеруются и наносятся на карту.

Однако основным материалом для описания на маршрутах должны быть видимые компоненты ландшафтов: рельеф, растительность, естественные обнажения почв, коры выветривания, наносов, коренных пород, дополняемые, лишь в случае необходимости, неглубокой шурфовкой или скважинами ручного бурения. Для целей последующего ландшафтного геохимического картирования необходимо провести ряд сопоставлений.

1. Установить корреляцию между внешними чертами ландшафта (характером рельефа, степенью водоносности, характером растительного покрова) с геологическим строением местности и составом и мощностью рыхлых отложений.

В ряде случаев зависимость между внешними чертами ландшафтов и геологическим строением проста и хорошо проявляется в изменении форм рельефа и типов растительности, в появлении в зоне контактов и тектонических нарушений многочисленных родников и т. д. В других случаях она может быть менее яркой и проявляется лишь в некоторых внешне малозаметных признаках ландшафтов, как, например, в изменении степени оподзоленности, гумусности, карбонатности или солонцеватости почв, в незначительном изменении состава растительных группировок, в частности, степени обилия тех или иных видов и т.д.

Опыт использования геоботанических методов для геологического картирования применяется достаточно широко в практике работ Всесоюзного аэрогеологического треста, проводимых под руководством С.В.Викторова. Результаты исследований С.В.Викторова и группы работающих с ним сотрудников изложены в специальном сборнике "Геоботанические методы при геологических исследованиях" (1955).

О возможности использования растений в качестве индикаторов при поисках полезных ископаемых излагается в ряде работ Д.П.Малюга (1947) и сводной методической брошюре С.М.Ткалича (1959). Методика использования геоморфологических данных для геологической съемки и поисков месторождений излагается в книге Т.В.Звонковой (1959).

2. Установить корреляцию между формами рельефа и растительными группировками, с одной стороны, и составом почв и глубиной залегания грунтовых вод, с другой стороны.

Зависимость между формами рельефа, мощностью рыхлых отложений, составом почв и растительностью обычно бывает достаточно четкой.

Опыт использования методов индикационной геоботаники при гидрогеологических изысканиях излагается в статьях В.А. Приклонского, Е.А. Востоковой, Л.С. Демидовой и других (Вопросы индикационной геоботаники, 1960).

Установление закономерностей изменения почв, механического и химического состава и мощности наносов по элементам рельефа и в связи со сменой растительных группировок позволяет далее, пользуясь лишь внешними хорошо заметными признаками ландшафтов, рельефом и растительностью, проводить границы между различными элементарными и местными ландшафтами.

Во время маршрутов по ходу каждого из них на карту наносят внешние видимые границы ландшафтов и выясняют причины прохождения границы именно в данном месте.

Изменение типов и форм рельефа и характера растительности обычно сопровождается появлением иного местного ландшафта. На карте в зависимости от заданного масштаба по ходу маршрута выделяют все видимые и укладываемые в масштабе контуры элементарных ландшафтов или (в случае мелкоконтурности элементарных единиц) их комплексы (отдельные составляющие местных ландшафтов) или геохимически сопряженные сочетания (различные местные ландшафты). Этому же правилу следует придерживаться и далее при проведении площадного ландшафтно-геохимического картирования. Вопрос о методах составления ландшафтно-геохимических карт будет рассмотрен подробнее несколько позже.

Кроме нанесения видимых границ ландшафтов, по маршруту наносятся на карту определенными значками: а) выходы коренных пород; б) естественные и искусственные обнажения

(в случае, если их описывают, ставится номер описания; в) выходы на поверхность грунтовых вод, колодцы и скважины с водой с указанием глубины залегания грунтовых вод; г) признаки перемещения на склонах твердых масс (эрозионные борозды различной глубины и частоты, оползни, осыпи, дефлюкционные формы, явления пучения грунтов, их полигональность и др.; д) проявления приноса твердых масс (наилки на поймах, занос полей продуктами делювиального сноса, незаросшие пролювиальные конусы выноса, принос лавинного материала, материала селевых отложений и т. д.).

При маршрутных исследованиях производится также полевое дешифрирование аэрофотоснимков с целью использования в дальнейшем этих материалов при составлении ландшафтно-геохимической карты.

Все описания по маршруту ведутся в дневнике с точным указанием, к какому отрезку маршрута, к какому профилю или точке наблюдения эти записи относятся. Работу на маршрутах полезно сопровождать не только записями, но и зарисовками, цветными фотографиями, схематическими рисунками с показом структуры ландшафтных звеньев. Точная привязка к карте, пользование anerоидом, высотомером, спидометром (при автомаршрутах) помогает в составлении схематических профилей местных ландшафтов.

В особом журнале записываются все взятые по маршруту пробы коренных пород, грунтовых или поверхностных вод, образцов почв, рыхлых отложений или донных наносов.

В большинстве случаев маршрутные исследования исключают детальное опробование, поэтому сборы образцов при маршрутах должны преследовать строго определенные цели, прежде всего установление характера миграционной способности элементов в местном гипергенетическом цикле. Для этого должны быть собраны:

1) образцы коренных пород (возможно более свежих), характеризующих те или иные классы или типы местных ландшафтов;

2) образцы остаточной характерной для автономных элювиальных ландшафтов коры выветривания;

3) образцы вод поверхностных водотоков от верховьев вниз по течению, дренирующих данные породы, и вод, выходящих в пределах данного массива, источников;

4) образцы различных фаций донных отложений (песчаной, илистой).

Сопоставление химического состава этих объектов дает возможность рассчитать ряд геохимических коэффициентов, рисующих особенности геохимии ландшафтов данного солесборного бассейна.

В случае глубокого залегания коренных пород и преимущественного развития неэлювиальных ландшафтов приходится ограничиться сбором и последующим сопоставлением химического состава распространенных в бассейне солесбора рыхлых отложений с химическим составом вод источников, рек и замкнутых водоемов.

Для сборов образцов пород рыхлых отложений и вод необходимо предусмотреть упаковочный материал. Вес проб пород и наносов должен составлять не менее 300 г, объем воды – не менее 2 л. В последнее время при сборе проб воды широко применяется метод сорбирования растворенных в водах элементов, специально приготовленными сорбентами - смолами катионами и анионидами (А.А.Бродский, П.П.Писарева, 1960).

В результате проведенных маршрутных исследований должны быть уточнены или вновь намечены места, где могут быть заложены ключевые ландшафтно-геохимические профили, определено необходимое количество таких профилей и уточнены объемы и сроки предстоящих детальных работ.

Исследования на ключевых ландшафтно-геохимических профилях

Выбор места профиля. Ландшафтно-геохимический профиль закладывается на типичном для характеризуемого райо-

на участке в максимально однородных геологических условиях и проходит по линии от местного водораздела к местному геохимически подчиненному водоему (ручью, малой реке, непроточному озеру). Определение типичности данного участка производится прежде всего на основании анализа карт: топографической, геохимической, почвенной, геоморфологической, четвертичных отложений, а также знакомства с литературой и фондовыми материалами. Предварительно намечают возможные места заложения ландшафтно-геохимических профилей. Окончательно место заложения профиля уточняется после знакомства с обстановкой района в поле.

Как указывалось, линия профиля должна располагаться в пределах участка, который обладает однородностью исходных геологических пород.

Ее легко установить при наличии геологической карты или выходов коренных пород на поверхность и много труднее – при значительной закрытости территории и отсутствии геологических данных. Относительно однородные литологические условия сравнительно легко могут быть найдены в больших интрузивных массивах или в области осадочных слабодислоцированных пород. Но в последнем случае надо иметь в виду, что в эрозионной сети могут быть вскрыты более глубокие и, возможно, литологически иные горизонты осадочной толщи. Если наличие таких горизонтов типично для данной территории, то это должно быть зафиксировано при описании профиля.

Очень сложна геологическая обстановка в складчатых областях, сложенных пестрыми свитами вулканогенно-осадочных отложений и метаморфических пород, где частая смена существенно различных в литологическом отношении пород сочетается со сложной тектоникой. В последнем случае выбрать профиль в пределах литологически однородной территории обычно не удается. Здесь нужно стремиться к выбору профилей небольшой протяженности. Желая охарактеризовать разные в литологическом и генетическом отношении участки, следует взять несколько коротких профилей, располагая каждый

в пределах геологически однородного участка. Если полной геологической однородности в пределах профиля достичь нельзя, то надо стараться выбрать участок, сложенный комплексом пород, сходных по возрасту, химизму (кислые эффузивы и их туфы, основные эффузивы и их туфы) и степени метаморфизации.

Совершенно особая геохимическая обстановка характеризует зоны контактного метаморфизма, с которыми обычно связана повышенная минерализация пород. В связи с этим значительный интерес представляет изучение геохимических особенностей ландшафтов вблизи зон контакта. Поэтому, наряду с заложением профилей внутри больших геологически однородных массивов, целесообразно также охарактеризовать рядом профилей контактные зоны.

При ландшафтно-геохимических исследованиях, проводимых в целях разработки или уточнения методики геохимических поисков полезных ископаемых, ландшафтно-геохимические профили должны пересекать и участки с заведомо известными геохимическими аномалиями или месторождениями (разведанными, но еще не разрабатываемыми).

При выборе места заложения профиля следует использовать топографическую карту возможно более крупного масштаба. Профиль должен начинаться на местном водоразделе и заканчиваться на местном водоеме или водотоке. Поэтому его длина зависит от густоты сети водотоков. Если профиль короток и практически не может быть изображен на топографической карте имеющегося масштаба, то необходимо произвести глазомерную съемку полосы профиля с тем, чтобы в дальнейшем изобразить ее на миллиметровой бумаге; на топографической карте в этом случае лишь указывается место профиля. Профиль должен пересекать основные элементы рельефа и растительные сообщества, типичные для данной территории (рис. 21).

На территории, где встречаются участки и естественной, и в той или иной степени видоизмененной человеком растительности (вырубки, вторичные луга, пашни), надо по воз-

возможности включить в профиль и те и другие. Если все же их не удастся включить в линию профиля, то на этих выпавших из профиля элементарных ландшафтах следует заложить дополнительные точки.

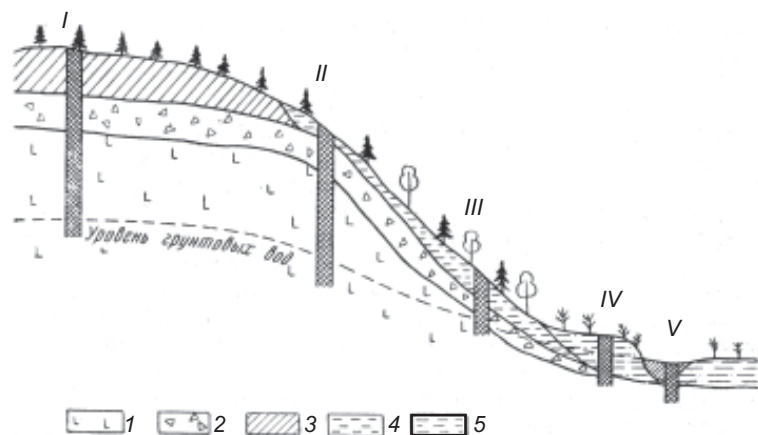


Рис. 21. Схема расположения ландшафтно-геохимических профилей и мест разрезов вертикального профиля элементарных ландшафтов: I – элювиального; II – трансэлювиального; III – трансэлювиально-аккумулятивного; IV – супераквального; V – аквального: 1 – коренные породы; 2 – обломочная кора выветривания; 3 – глинистая кора выветривания, лежащая *in situ*; 4 – делювий; 5 – аллювий

Выбор точек наблюдения. На профиле намечаются и закладываются два рода точек наблюдения: основные и дополнительные.

Основные точки выбираются в небольшом числе. Их описание и взятие образцов дадут материалы для определения типа геохимических сопряжений в элювиальных, супераквальных и аквальных ландшафтах данной территории.

Если данная территория имеет относительно выровненные водораздельные поверхности, то одна из основных точек должна располагаться на подобном плоском участке и характеризовать собственно элювиальные ландшафты этой территории. В условиях расчлененного рельефа с выходами коренных по-

род по вершинам эта первая точка обычно характеризует обломочную кору выветривания с маломощными почвами и литофильной растительностью скальных участков, находящихся в наиболее автономных условиях.

В условиях заболоченных плоских водоразделов первая точка будет характеризовать автономные гидроморфные ландшафты. Может возникнуть необходимость заложения еще одной точки в приречной, лучше дренированной части водораздельной поверхности, характеризующей автономные элювиальные ландшафты. Необходимость заложения большего количества основных точек на водоразделе может возникнуть при резкой комплексности растительности и почвенного покрова.

Следующие две основные точки должны характеризовать трансэлювиальные ландшафты территории. Первую из них следует расположить в верхней половине склона, откуда происходит преимущественно унос элементов, а вторую – в нижней части склона, где мощность делювия больше и механический состав его более тяжелый. В условиях молодого расчлененного рельефа (например, в области приречного мелкосопочника), там, где нижние части склонов благодаря новейшей эрозии часто более обнажены, может оказаться, что нижняя точка будет в большей степени характеризовать область сноса, чем верхняя.

Следующие одна или две основные точки должны быть приурочены к участкам супераквальных ландшафтов данной территории. Можно ограничиться одной точкой, если долина реки или ручья не имеет террас и не сопровождается выходами грунтовых вод в нижней части склонов. В этом случае точку наблюдений следует приурочить к наиболее типичному участку в средней части поймы. Если же в долине есть присклоновые болотца, появляющиеся за счет родников, выходящих на поверхность более высоких террас или во внутреннюю пойму, то приходится закладывать еще одну точку, характеризующую трансэлювиальные ландшафты, обязанные выходам родниковых вод.

Малые реки, ручьи и небольшие озера обычно не имеют многочисленной серии террас, но, тем не менее, они могут со-

проводятся одной или даже двумя надпойменными террасами, очень часто затянутыми делювиальными шлейфами, не имеющими четких бровок и подошв. Заложение точек на таких террасах представляет интерес, если они имеют аккумулятивный характер и характеризуются развитием вторичных неэлювиальных ландшафтов, последние в этом случае маркируются солонцами, лугово-черноземными почвами, лугово-серыми и другими почвами. Однако заложение основных точек на всех террасах не всегда обязательно. В каждом конкретном случае требуется специально рассмотреть и обсудить вопрос, что может дать описание такой точки для выяснения не частных деталей, а главных геохимических закономерностей в ряду сопряженных элементарных ландшафтов.

Последняя основная точка должна характеризовать водоем, которым и заканчивается профиль.

Итак, число основных точек на профиле может несколько меняться в пределах от пяти до десяти. Увеличивать число основных точек нежелательно, так как они будут характеризовать различные детали и отвлекать от главного. Если рельеф прост (элювиальный ландшафт на водоразделе, трансэлювиальный ландшафт на склоне, супераквальный ландшафт на низкой террасе и аквальный ландшафт водоема), то минимальное количество точек может быть сведено к четырем.

На всех основных точках закладываются шурфы, углубленные в случае необходимости скважиной ручного бурения до грунтовых вод. В супераквальных ландшафтах глубина шурфов обычно не будет превышать 2,0-2,5 м, так как грунтовые воды здесь находятся неглубоко. В элювиальных ландшафтах на маломощном элювио-делювии без приспособлений для ударного бурения достигнуть уровня грунтовых вод не удастся. В связи с этим особый интерес приобретают выходы естественных источников, дренирующих данный массив. На подобных фонтинальных супераквальных ландшафтах необходимо закладывать дополнительные точки. В мощных толщах рыхлых делювиальных и аллювиальных отложений, а

также в древней коре выветривания можно ожидать нахождения грунтовых вод в пределах первых пятнадцати метров. Но во всех случаях нужно стремиться достичь уровня грунтовых вод и взять их пробу. В делювиальных отложениях верхних частей склонов постоянный горизонт грунтовых вод может отсутствовать. В этом случае глубина шурфов должна определяться мощностью элювио-делювия. Они должны достигать коренных пород – слоя так называемой “разборной” скалы, состоящей из крупных глыб лежащей *in situ* коренной породы.

Дополнительные точки закладываются на профиле с целью получения материала для характеристики постоянства геохимических соотношений элементов в системе почвообразующая порода – почва – растительность тех элементарных ландшафтов, которые характеризуются каждой основной точкой профиля.

Для этого на линии профиля вокруг каждой основной точки разбивается площадка в 100 000 м². Она может иметь квадратную форму (100×100 м) на относительно горизонтальной поверхности или удлиненную форму, вытянутую по простиранию склона или вдоль узкой террасы. Нужно стремиться, чтобы площадка располагалась в пределах того же элемента рельефа, что и основная точка, характеризующая данный элементарный ландшафт. Как правило, в пределах площадки будет наблюдаться некоторая пятнистость почвенного и растительного покрова в зависимости от элементов микрорельефа или мощности элювио-делювия. Но это не должно останавливать в выборе формы площадки, так как связанные с этой пятнистостью небольшие отклонения в характере элювиальных ландшафтов и являются предметом исследования при заложении дополнительных точек.

Площадка разбивается на квадраты со стороной в 20 м. В центре этих малых квадратов и располагаются дополнительные точки. У каждой основной точки берутся 24 дополнительные. Сам основной разрез является 25 точкой. На каждой дополнительной точке закладывается небольшой разрез или

буровая скважина на глубину, обеспечивающую прохождение основных горизонтов почвенного профиля до материнской породы. Для большинства почв эта глубина лежит в пределах 50-100 см. Глубина прикопок или буровых определяется строением почвенного профиля в основном разрезе.

На участках супераквальных (фонтанальных) ландшафтов близ выходов родников можно встретить очень маленькие контуры, площадь которых будет менее 10 000 м². В этом случае приходится сокращать общую площадь участка и число дополнительных точек. Часто на склонах встречаются небольшие по площади, но следующие один за другим разобщенные участки влажных лужков или болотца, связанных с выходами вод. В этом случае допустимо брать дополнительные точки в этих разрозненных контурах.

Описание растительности на основных точках ландшафтно-геохимического профиля и сбор образцов для анализов

Описание растительности производится на участках, непосредственно примыкающих к избранным на профиле местам заложения разрезов. Оно производится по принятой в обычных геоботанических исследованиях методике, на пробных площадках, размеры которых варьируют от 100 м² (для луговых, степных, полевых группировок) до 1 га и более в старых древесных насаждениях. Исследователь, занимающийся изучением геохимии ландшафтов, должен владеть методикой геоботанических исследований и уметь определять флористический состав описываемых группировок. Методика геоботанических исследований изложена в ряде руководств.

Но наряду с обычными геоботаническими описаниями при ландшафтно-геохимических исследованиях особое внимание следует уделять некоторым особенностям растений и растительного покрова в целом.

Многими исследователями установлена изменчивость внешнего облика растений, их размеров, формы и цвета лис-

тьев, цветов, характера кушения в зависимости от недостатка или избытка некоторых элементов (“Признаки голодания растений”, 1957).

Все эти изменения, или, как их называют геоботаники, “морфы”, могут быть внешними показателями определенных уровней содержания в ландшафтах ряда биологически важных элементов.

Все морфологические отклонения растений от нормы должны поэтому фиксироваться.

Изменения облика некоторых видов или родов растений может быть показательным для суждения об аномальном содержании некоторых элементов в почвах.

При ландшафтно-геохимических исследованиях большое значение имеет также определение глубины проникновения корней различных видов растений. Для целей геохимических поисков важно знать, какие виды растений в данной ассоциации имеют наиболее глубокую корневую систему. Особенно интересны те виды растений, корни которых проникают до ложа коренных пород или грунтовых вод. Для прослеживания корневых систем в шурфе его стенку следует несколько отпрепарировать. Видимую картину распределения корней надо зарисовать в масштабе на миллиметровой бумаге, показав особыми обозначениями (лучше цветными карандашами) распределение корней различных растений.

Количественный учет наземной растительности массы на единицу площади для древесной растительности производится обычными таксационными методами. Методика учета органической массы, массы прироста и опада в древостоях различного состава и возраста приводится в работе Н.П.Ремезова, Н.Н.Быковой и К.М.Смирновой (1959). Для наземной мохово-травянистой растительности учет производится путем взятия укоса в 10-кратной повторности и определения в нем массы злаковых, бобовых, разнотравья, мхов. Растения состригают под самый корень. Тщательно собирают с этой же площадки весь наземный опад. Если слой опада значителен (что, на-

пример, бывает в мертвопокровных лесах), то рекомендуется брать опад послойно, в различных стадиях разложения. Количественный учет корневых масс растений производят путем послойной выемки корней по горизонтам почвы. Для хорошо изученных растительных группировок, для которых имеются данные о соотношении надземных и подземных частей для различных растительных сообществ, можно избежать повторных определений корневой массы, определив ее путем расчетов. Материалы для подобных расчетов приводятся в работах Н.И. Базилевич (1953, 1955).

Растительные образцы для химических анализов берутся у всех видов деревьев и кустарников: 1) листья или хвоя; 2) тонкие ветви (диаметром до 1 см с учетом узлов роста); 3) возможно более толстые ветви; 4) кора (на уровне около 1 м от земли); 5) тонкие корни (диаметром до 1 см), 6) толстые корни; 7) шишки и сережки. Смешанным образцом для анализа травянистой растительности могут служить укусы с учетных площадок.

Вес сухого вещества в образце растительности должен быть не меньше 300 г.

Что касается древесной растительности, как для более точного учета органической массы, так и для взятия проб для анализа, берутся модельные деревья, для этого на пробных площадках производится пересчет всех растущих деревьев каждого вида и измеряется их диаметр. С помощью высотомера определяется высота. В качестве модельных берут деревья, имеющие среднюю высоту и средний диаметр.

Модельное дерево спиливается, измеряется его длина и по годовым кольцам у основания подсчитывается возраст. Затем с дерева обрубаются ветви, с них собирается вся хвоя или листья, а тонкие ветви отделяются от толстых. После взвешивания зеленой массы и ветвей (здесь же на площадке) из них отбирается средняя проба для анализа (1,5-2 кг сырой массы). Ствол дерева распиливается на отрезки длиной в 1,5-2 м. От каждого отрезка спиливается тонкая пластинка (в 1-2 см). Эти пластинки используются для определения хода рос-

та и в качестве средней пробы для химических анализов (весом в 1,5-2 кг). Ствол по частям также взвешивается. После взвешивания и взятия проб надземной части дерева нужно произвести сбор и учет корней на средней площади питания дерева. Для этого нужно разделить площадь пробной площадки на число растущих на ней деревьев. О способе отбора корней говорилось выше.

Кроме общей массы травяно-моховой растительности, нужно брать для анализа отдельные виды растений, включая корневую систему, встречающиеся в обилии и образующие фон, а также те виды растений, которые имеют глубокую корневую систему, независимо от их обилия. Подобное исключение может быть сделано, например, для ряда кустарничков и полукустарничков, в частности, для различных видов полыней. У растений с одревесневшими стеблями листья и стебли берутся отдельно.

Сбор массы корней для анализа – трудоемкая работа. Для сбора корней определенного вида растений следует извлекать их, слегка подкопав растение. Наиболее крупные корни, для некоторых растений одревесневшие или толстые корневища, как показали предыдущие исследования, являются местом накопления наибольшего комплекса элементов. В тонких корнях запасы элементов ниже, поэтому при сортировке следует разделять толстые и тонкие корни, принадлежащие одному виду.

Сбор надземных и подземных частей растений удобно производить одновременно, но раздельно. Сначала срезается надземная часть растения, причем не до самого основания (с тем, чтобы легче было вытянуть корни). Затем подкапываются и вытаскиваются корни и тщательно отряхиваются от земли. По мере сушки корней они отряхиваются еще несколько раз от земли и чистятся мягкой щеткой. Мыть растения, в том числе и корни их не рекомендуется, так как с водой часть веществ выщелачивается.

Все образцы растительности этикетировываются и сушатся, а после сушки истираются руками или разрезаются ножницами.

Учет деятельности землероев

При сборе и изучении образцов травянистой растительности следует одновременно произвести возможно более полный учет различного рода выбросов землероев на поверхности земли. Следует записать количество и средний объем выбросов землероев на единицу площади. Там, где деятельность землероев особенно значительна, следует произвести необходимые замеры и определить занимаемую выбросами относительную площадь, а, кроме того, показать характер их распределения на миллиметровой бумаге (Н.А.Димо, 1955). Необходимо также взять для анализов специальные образцы (весом 200 г) наиболее свежих выбросов. В случае, если в почве обнаруживаются дождевые черви, личинки насекомых, их следует собрать для последующего анализа. Если на поверхности почвы или на растениях имеются раковины наземных моллюсков, их также следует собрать для анализов.

Описание вертикального профиля элементарных ландшафтов на основных разрезах

Описание разрезов производится на заранее заготовленных бланках. На первой странице бланка дается характеристика места заложения данного разреза по следующей схеме:

Дата
Профиль №
Разрез №
Исследователь:
Адрес профиля:
Элемент рельефа и микрорельефа, на котором расположен разрез Название растительной ассоциации и уголья
Глубина залегания и название коренных пород
Мощность коры выветривания или рыхлых наносов и название последних
Глубина залегания грунтовых вод
Название почвы
Название элементарного ландшафта

Обычно заполнение этого бланка возможно лишь после тщательного изучения и описания растительности и вскрытых шурфом почвы и подпочвенной толщи наносов или коренных пород. На особом бланке дается описание разреза. На первой странице бланка производится красочная зарисовка разреза с возможно более точным соблюдением масштаба, показом всех видимых деталей строения вертикального профиля почвы и коры выветривания: слоистости, видимых включений, новообразований и т. д. Следующие две страницы бланка (см. рис. 22) отведены для показа распределения и изменения по профилю различных морфологических признаков.

Тщательность описания разреза имеет большое значение для правильного отбора образцов и для интерпретации как видимых морфологических особенностей, так и последующих анализов.

Поэтому каждый из названных ниже морфологических признаков должен быть изучен по всему профилю, сверху до низу, и на первом этапе изучения разреза – независимо от остальных морфологических признаков. В результате такого аналитического подхода к объекту исследования удастся выявить ряд корреляций или, наоборот, отсутствие корреляций между отдельными морфологическими признаками. Поэтому для каждого признака должны быть выявлены по профилю границы переходов независимо от того, совпадают ли эти границы с изменением других признаков или нет. Так, например, изменение степени влажности может не коррелировать с распространением органического вещества, нижние границы распространения гумуса могут не совпадать с верхней границей карбонатного горизонта (карбонаты могут располагаться выше или ниже) и т. д.

Для каждого морфологического признака и его вариантов принимаются определенные условные знаки, которые и показываются на соответствующей глубине, в соответствующей отведенной для этого морфологического признака вертикальной колонке. На рис. 22 приведены некоторые из приня-

тых в нашей практике условных обозначений, с помощью которых и составлено графическое изображение вертикального профиля элементарного ландшафта. Само собой разумеется, что заполнение граф бланка должно производиться аккуратно, в соответствии с принятыми условными обозначениями.

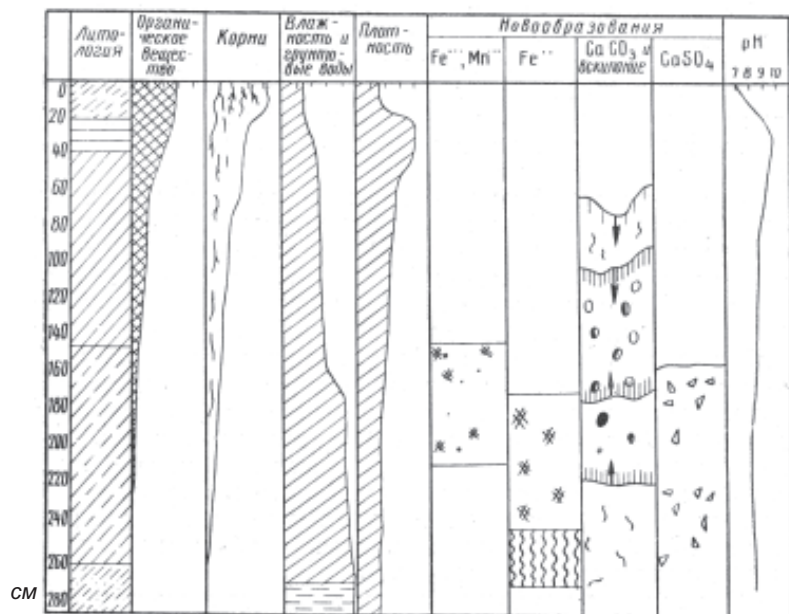


Рис. 22. Графическое изображение вертикального профиля элементарного ландшафта

Если эта часть работы выполнена хорошо, то облегчается дальнейшая работа по геохимическому анализу разреза и сопоставлению между собой профилей разрезов элементарных ландшафтов, взятых в различных местах. В первой графе показывается глубина в сантиметрах. Во вторую графу заносятся данные о механическом и литологическом составе. Принимаются следующие градации механического состава: песок, супесь, легкий суглинок, средний суглинок, тяжелый суглинок, глина. Специальными условными знаками показывается при-

сутствие хряща, щебня, литологический состав скальной породы и механический состав заполнителя в случае сильно трещиноватых пород или грубообломочного элювия. Для определения механического состава пользуются обычными полевыми методами скатывания во влажном состоянии или растягивания в сухом состоянии.

Третья графа заполняется данными о распределении и характере органического вещества. Следует различать виды органического вещества: торф слаборазложившийся, торф сильно разложившийся, подстилка, дернина, грубый гумус. Кроме того, кривой по четырехбалльной шкале или особыми условными знаками отражается интенсивность окраски гумусового горизонта: 1) интенсивно окрашенный, 2) средне окрашенный, 3) слабоокрашенный, 4) с едва заметной гумусовой окраской. Отдельные гумусовые пятна и потеки изображаются особыми знаками. При заполнении графы о распределении органического вещества следует обратить внимание на характер переходов одного горизонта в другой и тщательно отмечать языковатость профиля, наличие неясных гумусовых прослоев на глубине и т. д.

В четвертой графе помещаются сведения о корневой системе и распределении ходов землероев. Кривой по четырехбалльной системе показываются зоны с различным обилием корневой, а условными обозначениями – корни древесной и травяной растительности. Особенно тщательно отмечается нижняя граница распространения корней. В особой графе показывается глубина проникновения ходов землероев и частота ходов.

В следующей пятой графе также с помощью кривой изображается изменение по профилю влажности. Принимаются следующие четыре градации влажности почвы и грунта: 1) сухой, 2) свежий, 3) влажный, 4) мокрый.

Особым знаком показываются уровень верховодки или грунтовых вод и водоносный горизонт. Обозначается также минерализация вод (пресные, солоноватые, соленые).

Структура и текстура обычно изображается условными обозначениями. Плотность почвы и грунта (шестая графа)

изображается кривой и определяется по четырехбалльной шкале: 1) рыхлый, 2) уплотненный, 3) плотный, 4) слитой.

Следующие графы заполняются сведениями о различного рода новообразованиях, верхней и нижней границах их распространения, составе, обилии и форме. Новообразования представляют очень важный морфологический признак – это видимые простым глазом, легко различимые скопления различных вторичных минералов. Формирование их идет в определенном интервале геохимической обстановки. Это минералы-индикаторы, присутствие их позволяет судить об условиях перемещения, выпадения и концентрации ряда веществ в вертикальном профиле ландшафтов.

Кроме того, появление новообразований определенного рода позволяет предполагать концентрацию в них ряда элементов-спутников: с железистыми новообразованиями гидрогетита связано повышенное содержание всего семейства элементов железа Cr, Ni, Co, Cu, Zn; в карбонатных конкрециях кальцита концентрируются также Mg, Ba, Sr; появление синей окраски свидетельствует о начале окисления соединений фосфатов железа, но одновременно является индикатором присутствия закисных соединений железа и т. д.

Описание различного рода новообразований в четвертичных отложениях и в почвах различных областей СССР, их минералогическая и геохимическая характеристики приводятся в ряде работ В.В.Добровольского (1957, 1959, 1960).

К обычным, хорошо видимым и повсеместно встречающимся новообразованиям коры выветривания, рыхлых наносов и почв относятся:

1) гидраты окислов железа, выделяющиеся в виде ржавых пленок, охристых землистых скоплений и плотных различного размера и формы темно-коричневых конкреций;

2) гидраты окислов марганца, обычно образующие тонкие иссиня-черные пленки, черные мелкие пятнышки, черные дендриты на поверхности щебня или выделяющиеся в виде более плотных прочных, черных конкреций;

3) новообразования фосфатов закиси и закиси-окиси железа, первые имеют серый цвет, но при начальных стадиях окисления синеют и хорошо заметны по появлению синеватых или зеленоватых пятен и прослоев;

4) скопления остаточного и вторичного кварца и аморфного кремнезема, хорошо заметны в подзолистых и осолодевших горизонтах почв. В некоторых почвах они заметны в виде белой остаточной присыпки на поверхности структурных отдельностей. Аккумулятивные новообразования вторичных окислов кремния можно наблюдать в виде плотных белых или желтоватых (не вскипающих с HCl) натечных корочек на нижней поверхности щебня;

5) новообразования карбонатов кальция, выделяющиеся в виде белых тонких нитевидных прожилок плесени или псевдомицелия, в виде более толстых трубочек, в виде мучнистых округлых стяжений белоглазки или плотных конкреций дутиков и журавчиков, весьма часто карбонаты кальция выделяются в виде корочек на нижней поверхности щебня;

6) новообразования гипса, выделяющегося в тонких мелкокристаллических формах в виде прожилок, небольших стяжений, в виде более крупнокристаллических друз – шестоватых новообразований гипса, покрывающих в виде бородок нижнюю поверхность щебня;

7) новообразования сульфатов и хлоридов натрия и других легкорастворимых солей в виде пятен, прожилок, налетов, корочек.

В случае окисления сильноминерализованных богатых сульфидами пород, особенно в зоне окисления медно-колчеданных месторождений, образуется ряд специфических связанных с зоной повышенной минерализации вторичных минералов, образующих хорошо заметные скопления. Среди них можно назвать вторичные сульфаты железа и калия – минерал ярозит, образующий желтые землистые скопления и плотные желваки; вторичные сульфаты меди – ковеллин, образующий синеватые налеты и черные землистые массы; сульфат меди –

халькантит, образующий зеленовато-голубоватые корочки; основной карбонат меди – малахит, хорошо заметный по зеленой окраске, и многие другие.

Подробные описания новообразований зоны окисления рудных месторождений даны в монографии В.П.Смирнова (1951). Появление вдали от известных месторождений каких-либо признаков специфических, необычных новообразований является признаком повышенной минерализации пород и требует особо тщательного изучения.

Вернемся к порядку изображения новообразований при описании разрезов изучаемого элементарного ландшафта. Для каждого рода новообразований отводится в бланке отдельная графа. В ней показывается обилие новообразований – кривой по пятибалльной шкале, а их формы – значками. Количественная оценка обилия мелких новообразований производится по следующим градациям: 1) очень обильно, более 10 на стенке разреза площадью в 1 дм², 2) обильно, от 5 до 10 на 1 дм²; 3) редко, до 5 на 1 дм²; 4) единично, не в каждом дм². Обилие крупных новообразований (например, журавчиков) оценивается также по четырехбалльной системе, но визуально. Новообразования в разрезе рекомендуется рассматривать не только простым глазом, но и в лупу. Их внешние характерные признаки следует отмечать в примечании к описанию шурфа.

Графы легкорастворимые соли и рН могут быть заполнены после несложных полевых анализов, которые производятся или непосредственно на разрезе, или в полевой лаборатории.

Определения легкорастворимых солей проводятся лишь в тех разрезах, в которых обнаруживаются признаки солонцеватости и засоления, появляются новообразования гипса или выцветы солей на поверхности и при подсыхании стенки разреза. Для определения легкорастворимых солей необходимо иметь три штатива с пробирками, по 20 пробирок в каждом. Пробирки имеют две метки на расстоянии 2 и 5 см от дна. Непосредственно из стенки разреза или из керна через каждые 0,5 м берется проба для определения солей. Пробирка запол-

няется пробой до нижней метки, заливается дистиллированной водой до верхней метки и оставляется на 2-3 часа. Затем раствор сверху осторожно сливается через край в чистую пробирку и делится на две части. В одной из них путем прибавления пяти капель 10 %-ного раствора BaCl₂ определяется присутствие иона SO₄, а в другой – путем прибавления пяти капель 10 %-ного раствора AgNO₃ – присутствие иона Cl. Количество появляющегося осадка определяется визуально: слабое помутнение, среднее, сильное, очень сильное помутнение. Полученные данные регистрируются в бланке в виде двух кривых (для Cl, для SO₄) и в графе – легкорастворимые соли.

Определения рН производятся непосредственно в поле на разрезе при помощи рН-метра по прилагаемой к нему инструкции. Данные определения рН изображаются в виде кривой. Пробы для определения рН берутся в пределах первого метра непрерывной колонкой с шагом в 10 см, а ниже – в 20 см. Если мощность генетических горизонтов меньше указанных величин, то пробы берутся, соотносясь с мощностью горизонта.

В последней графе записываются глубины взятия образцов.

Но прежде чем брать образцы для анализа, необходимо проанализировать полученные результаты и выделить в пределах описываемого профиля ярусы и горизонты. Для нанесения границ ярусов и горизонтов в заключительной части бланка описания имеются специальные графы. Разделение вертикального профиля ландшафта на генетические ярусы и горизонты в поле имеет предварительный характер и требует уточнения после получения данных анализов.

В пределах монолитной толщи – относительно однородного исходного наноса или лежащей *in situ* коры выветривания - дифференциация профиля обязана лишь процессам миграции элементов в пределах профиля. В случае же двучленного или многочленного гетеролитного профиля к явлениям, связанным с перемещением веществ, прибавляются явления, обусловленные неоднородностью исходного субстрата. Иногда подобная неоднородность хорошо видна (например, слоистые

Дифференциация вертикального профиля элементарного, вторично-элювиального ландшафта на засоленном неозэлювии

аллювиальные или флювиогляциальные наносы, двучленные наносы моренных и покровных суглинков и т. д.). Она хорошо заметна и в коренных породах, в случае их слабой измененности. Если же мы имеем дело со сформированной, сильно измененной корой выветривания, в поле часто бывает трудно сказать, насколько ее неоднородность связана с исходными породами и какая доля принадлежит в дифференциации профиля гипергенным процессам.

Итак, дифференциация профиля может быть связана: 1) с начальной литологической неоднородностью; 2) с различными стадиями процессов выветривания (обломочной, пелитовой и т. д.); 3) с процессами биогенной аккумуляции; 4) перемещением веществ нисходящими токами растворов; 5) перемещением веществ восходящими токами; 6) явлениями катагенеза, т. е. изменение состояния веществ, происходящее на границе двух разнородных сред (в вертикальном профиле ландшафта такой границей является уровень грунтовых вод). В специальных графах отмечаются сферы проявления названных выше процессов, и каждому выделенному горизонту присваивается индекс (табл. 23).

В графе – литологическая неоднородность – выделяются горизонты различного механического или литологического состава, заведомо имеющие первичное происхождение, т. е. не связанные с последующей дифференциацией профиля. Различным по механическому составу горизонтам присваиваются соответственные индексы: пески – п, супеси – сп, легкие суглинки – лс, средние суглинки – сс, тяжелые суглинки – тс, глины – гл, присутствие хряща – х, щебня – щ и т. д. Серия индексов может быть принята и для обозначения массивных пород: граниты – γ, габбро – σ и т. д.

Следующая графа отводится выделению горизонтов, образующихся в результате процессов выветривания. Она заполняется обычно при изучении профилей с сохранившейся древней или хорошо выраженной современной корой выветривания. Здесь можно выделить горизонты: массивной породы –

| Глубина в см | Литогенная Биогенная | Нисходящими токами | | Катагенетическая | | Ярусы и горизонты | |
|--------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--|
| | | иллювиальные горизонты | элювиальные горизонты | оглеение, грунтовая вода | испарительная концентрация | | |
| 0 | Н | | Е коллоидный | | | Не кол. | |
| 20 | h | I коллоидный | E Ca CO ₃ | | | hI кол. | |
| 40 | | i коллоидный | | | | hi кол. | |
| 60 | ЖК | i Ca CO ₃ | E Ca SO ₄ | | | i Ca CO ₃ | |
| 80 | | I Ca CO ₃ | | | | I Ca CO ₃ | |
| 100 | | I Ca SO ₄ | | | | E Na, Cl, SO ₄ | I Ca SO ₄ |
| 120 | I Na, Cl, SO ₄ | I Na, Cl, SO ₄ | | | | | |
| 140 | | | | | | | |
| 160 | легкий суглинок | | | gFe ^{··} | K _{Na, Cl, SO₄} | катагенетический | K _{Na, Cl, SO₄} ·gFe ^{··} |
| 180 | | | | GFe ^{··} | K _{Na, SO₄} | | GFe ^{··} ·K _{Na, SO₄} |
| 200 | | | | | | | |
| 220 | | | | | | | |
| 240 | | | | | | | |
| 260 | | | | | | | |
| 280 | супесь | | | | | грунтовых вод | |
| 300 | | | | грунтовая вода | | | |
| 320 | | | | Na, Cl, SO ₄ | | | |

V_m , дезинтеграции – V_d , обломочной коры выветривания – V_{obl} , сапролита – $V_{сп}$, суглинистой или глинистой коры – $V_{сг}$, или $V_{гл}$. Часто процессы выветривания даже в стадии дезинтеграции или щебневатой обломочной стадии сопровождаются образованием на поверхности щебня различных корочек, железисто-марганцовых, карбонатных или пелитизацией поверхности. Эти и другие замечаемые изменения отмечаются в соответствующих горизонтах (например, $V_{obl} Fe^{2+}$, Mn или $V_{сг} CaCO_3$ и т.д.).

В графе – биогенная дифференциация профиля – выделяются горизонты: торфа или подстилки – T или H_0 , интенсивного гумусонакопления – H , слабого гумусонакопления – h , погребенных гумусовых горизонтов (H) и граница распространения корней растений, являющаяся одновременно и границей почв – $ЖК$. В графе дифференциация профиля нисходящими токами отмечаются в первой части иллювиальные, а во второй – элювиальные горизонты (по отношению к различным перемещающимся в профиле соединениям химических элементов). Вначале рекомендуется наметить границы иллювиальных горизонтов, а затем уже, сообразуясь с ними, – границы элювиальных горизонтов. При заполнении этих граф следует внимательно проанализировать данные о распределении по профилю различного рода новообразований. В элювиальном профиле наименее растворимые соединения располагаются выше по профилю, чем более растворимые.

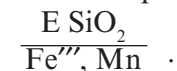
Иллювиальные горизонты, или горизонты обогащения, обозначаются следующим образом: гидратов окислов железа и марганца – $I_{Fe, Mn}$, гумуса – I_h коллоидов глинистых минералов – I_k , углекислого кальция – I_{CaSO_4} , гипса – I_{CaSO_4} , хлоридов и растворимых сульфатов – I_{Cl, SO_4} . Некоторые из названных веществ могут концентрироваться в одной и той же толще (например, хлориды и легкорастворимые сульфаты или же $CaCO_3$ и $CaSO_4$). Для обозначения таких горизонтов применяется двойной индекс, например I_{Cl, SO_4} , $I_{CaCO_3, CaSO_4}$. Очень часто иллювиальные горизонты лишь частично смещены один относительно

другого. Например, так могут возникнуть последовательно расположенные горизонты I_{CaCO_3} , $I_{CaCO_3, CaSO_4}$, I_{CaSO_4} . Иллювиальные горизонты характеризуются максимумами тех или иных новообразований. Эти максимумы могут быть выражены с разной степенью интенсивности, что нужно отражать в индексе (I – интенсивный максимум, i – более слабый).

В соответствии с выделенными иллювиальными горизонтами в следующей графе намечаются границы горизонтов выщелачивания, или элювиальных, по отношению к тем или иным элементам.

Эти горизонты обозначаются индексом E , с добавлением символов тех элементов или соединений, которые из данного горизонта выносятся и накапливаются в нижележащих. Так, например, могут быть горизонты $E_{H, Fe}$, E_{CaCO_3} , E_{Cl, SO_4} и т. д. Горизонт элювиальный по отношению к одним элементам и соединениям может быть иллювиальным по отношению к другим. Так, например, $I_{Fe, Mn}$ в серых лесных почвах совпадает с E_{CaCO_3} . Абсолютно элювиальным является лишь подзолистый горизонт в почвах, не подверженных процессам оглеения.

Унос каких-либо элементов из той или иной части профиля приводит к аккумуляции в этих частях менее подвижных в данных условиях соединений. Для умеренных широт таким остаточным компонентом элювиальных горизонтов почв является первичный и вторичный кварц. Подобная остаточная аккумуляция тех или иных элементов должна быть указана в соответствующем элювиальном горизонте. Например,



В следующих графах указываются горизонты, сформировавшиеся в результате процессов катагенеза. В вертикальном профиле ландшафтов такие горизонты формируются над уровнем грунтовых вод, в слое, насыщенном капиллярно-подпертой и отчасти пленочной влагой.

Катагенез может проявляться в двух формах: накопительной концентрации легкорастворимых соединений, сопровож-

дающей испарение растворов, и в процессах восстановления. Каждой из этих форм катагенеза может быть отведена отдельная графа.

В поле, особенно начинающему исследователю, всегда бывает трудно отделить иллювиальные горизонты от некоторых аккумулятивных горизонтов, обязанных современному или древнему накоплению. Последнее может быть связано с восходящим движением растворов от уровня постоянных грунтовых вод или исчезающих верховодок. Обычно подобное разделение намного легче сделать, имея данные анализов; в последнем случае характер кривых распределения того или иного элемента позволяет несколько лучше судить об источнике его образования. Но даже и без анализов при внимательном изучении разреза можно получить представление о процессах, обусловленных восходящим движением растворов, и попытаться наметить границы горизонтов с накопительной концентрацией веществ.

Некоторые вещества, выпадающие при восходящем движении растворов, могут быть зафиксированы достаточно четко. Так, например, появление седоватого налета солей на подсыхающей стенке разреза, при неглубоком залегании уровня грунтовых вод, говорит о приносе их с восходящими токами. Об этом же свидетельствуют выцветы солей на поверхности почвы. Подток жестких грунтовых вод и подъем их по капиллярам вызывает появление в профиле тонких нитевидных новообразований карбонатов— псевдомицелия, или лжегрибницы. Сезонные горизонты верховодки могут способствовать перемещению части карбонатов из иллювиальных горизонтов к рассеянному нахождению их в мицеллярных формах в выше лежащих горизонтах. Нахождение подобных форм карбонатов в профиле говорит об участии восходящих токов растворов в миграции веществ. Часто в подзолистом горизонте, или в горизонте осолодения, в мучнистой массе остаточного кварца и аморфного кремнезема можно заметить или ржавые пятна, или чаще плотные иссиня-черные, или ржаво-коричневые

рудяковые зерна. Это результат застоя или восходящего движения растворов в весенний период при высоком стоянии верховодки. В это время к поверхности передвигаются закисные, подвижные формы железа и марганца, которые, окисляясь, дают плотные конкреции.

Горизонты накопительной концентрации обозначаются индексом К с указанием, какие соединения здесь накапливаются, например, K_{NaCl} , K_{CaSO_4} и т.д.

Близкие, но несколько отличные явления отмечаются в графе – восстановительные процессы. Явления катагенеза, происходящие при водозастойном режиме, сопровождаются процессами восстановления ряда элементов и связанного с этим изменения их миграционной способности. В зависимости от химического состава грунтовых вод значения рН и окислительно-восстановительных условий восстановительные явления могут быть выражены с большей или меньшей интенсивностью.

Весьма обычно образование в горизонтах катагенеза закисных соединений железа, в частности, вивианита ($3FeO \cdot P_2O_5 \cdot 8H_2O$), который имеет белый цвет, но при окислении становится сине-зеленым. В профилях с близким залеганием грунтовых вод явления катагенеза сказываются до самой поверхности.

В горизонтах катагенеза, связанных с сульфатными водами, в присутствии органического вещества идет восстановление сульфатов в сульфиды и появление коллоидного черного осадка сернистого железа, весьма обычного в солончаковых болотах и в донных илах сульфатных озер ($FeS \cdot nH_2O$). Катагенетические горизонты с восстановительным режимом обозначаются буквами Кg с добавлением символов тех веществ, которые морфологически выделяются в профиле, например, Kg_{Fe} , Kg_{FeS} .

В ландшафтах древних денудационных поверхностей с сохранившейся корой выветривания или на аккумулятивных равнинах, или на древних террасах можно встретить сложные профили с рядом катагенетических горизонтов, находящихся на разных уровнях. Они связаны с древними уровнями стояния грунтовых вод. Эти горизонты следует фиксировать и отли-

чать от современных. Подобно гумусовым реликтовым горизонтам (Н) их можно обозначать индексом (К).

В последнюю графу таблицы – дифференциация профиля – выносятся все ранее проведенные границы, и таким образом получается сводный график расчленения профиля. В каждый полученный таким образом горизонт вписываются все относящиеся к нему частные индексы. Получается сводный индекс, наиболее полно характеризующий геохимические особенности горизонта по отношению к активно мигрирующим макроэлементам. По проведении анализов характеристику горизонтов необходимо дополнить данными о поведении микроэлементов.

Из каждого выявленного вышеописанным способом горизонта должны быть взяты образцы почв и пород для анализа. Образцы берутся из хорошо очищенной стенки разреза или из керна бороздковым способом, т. е. по всей протяженности горизонтов от одного до другого, без промежутков. В случае выходов пород обязательно берутся образцы породы различных стадий выветривания. Здесь обычно используется не бороздковый, а точечный метод. При бороздковом методе взятия образцов ширина и глубина борозды могут варьировать в зависимости от мощности горизонта: в коротких горизонтах борозда делается шире и глубже, а в мощных уже и мельче. Общий вес образца должен составлять 0,5 кг. Образец сразу же на разрезе или в лагере делится на две части. От общего количества берется средняя проба в 50 г для спектрального анализа. Остальная часть образца предназначена для общих, силикатных, механических и минералогических анализов.

Для определения минералогического и химического состава новообразований необходимо отдельно собрать их в количествах, позволяющих сделать шлифы, валовой и спектральный анализы. В последнее время для изучения геохимических процессов, идущих в толще почв, рыхлых наносов и коры выветривания применяется микроморфологический анализ. Методика его изложена в специальном руководстве Е.И.Парфеновой и Е.А.Яриловой “Минералогические исследования в почвоведении” (1962).

Для производства микроморфологического анализа образцы должны браться с ненарушенной структурой. Для этого удобно использовать маленькие коробочки (например, спичечные), по размерам которых берутся из каждого горизонта небольшие монолитики.

Если образец в момент взятия был влажным, нужно иметь в виду, что после высыхания объем его сократится, он не будет лежать плотно в коробке и может раскрошиться. Поэтому после просыхания образца нужно все свободное пространство в коробочке заполнить ватой или бумагой.

Для последующих пересчетов данных химических анализов из весовых в объемные проценты и исчисление общего количества того или иного элемента, находящегося во всем профиле или в отдельных ярусах ландшафта, следует обязательно определять объемный вес каждого горизонта. Методы полевых определений объемного веса хорошо известны, изложены в ряде руководств, и, в частности, в книге А.А.Роде “Методы изучения водного режима почв” (1960).

Если при ландшафтно-геохимических исследованиях изучают и распределение влаги в вертикальном профиле ландшафтов, то, наряду с взятием объемного веса, из этих же горизонтов должны быть взяты образцы для определения полевой влажности (А.А.Роде, 1960). Определение объемного веса и влажности позволяет рассчитать соотношение всех трех фаз в вертикальном профиле ландшафта.

Описание местных водоемов

При изучении и описании водотока или водоема программа работ существенно иная, чем на сухопутных точках. Для описания водотока или водоема нет специального бланка. Тем не менее, оно должно производиться не в общем дневнике, а на отдельных листах с тем, чтобы это описание можно было бы легко присоединить к детальным материалам данного профиля.

Описание водотока или водоема должно содержать следующие данные: 1) род водотока или водоема – река, ручей, родник, озеро (проточное, непроточное); 2) название реки или озера; 3) размеры водотока или водоема – ширина (если имеются сведения или есть возможность измерения), глубина и дебит его; 4) характер берегов – низменные, заболоченные, топкие, песчаный пляж, обрыв террасы, или коренного берега; 5) для реки – характер и состав отложений прирусловой поймы и русла (механический состав, петрографический состав для крупных фракций, характер фациальных изменений), для озер – характер дна (илистый, песчаный); 6) цвет воды и ее прозрачность; 7) запах воды и прибрежных донных отложений; 8) рН воды и присутствие ионов CO_3 , Cl и SO_4 . Для анализа берутся пробы воды (так же как и из шурфов) и различных фаций отложений прирусловой поймы (пляжевой террасы для озера) и прибрежных донных отложений. Последние следует брать в зависимости от характера фациальных изменений и зональности прибрежно-водной растительности. В соленых озерах берутся донные пробы солей (Дзенс-Литовский, 1957).

Прежде чем брать образцы донных отложений, следует описать прибрежно-водную растительность и показать на схематическом профиле, секущем водоем, характер ее распределения с указанием расстояния от берега и глубины. Эту схему следует составлять с соблюдением масштаба на миллиметровой бумаге. На этой же схеме необходимо показать принятыми при описании шурфов обозначениями механический состав донных и прирусловых отложений. Кроме того, специальными знаками показывается органический ил, прибрежные донные оторфованные отложения и наличие раковин водных моллюсков, различные солевые аккумуляции.

Образцы различных видов водных растений и моллюсков (если возможно – рыб и земноводных) также берутся для анализов. Образцы ила следует высушивать по возможности быстро, так как при медленной сушке в нем могут долго продолжаться различные микробиологические процессы.

Работа на дополнительных точках

Вокруг каждой основной точки разбивается сеть дополнительных, в случае однородности контура, в прямоугольной системе координат с шагом опробования в 20 м. Напомним, при каждой основной точке берутся 24 дополнительные.

В случае комплексности почвенного и растительного покрова основными разрезами характеризуются все члены комплекса, а дополнительные точки располагаются таким образом, чтобы также захватить все члены комплекса.

Относительно записи наблюдений и взятия образцов на дополнительных точках могут быть даны следующие указания.

Все дополнительные точки наносятся в масштабе на миллиметровую бумагу. Около каждой точки ставится порядковый номер, индекс почв и индекс растительной ассоциации.

Описания на дополнительных точках сводятся к записи элемента микрорельефа, названия растительной ассоциации, названия почвы, мощности генетических горизонтов почвенного профиля, глубины отбора образцов и названия взятых для анализов растений.

Все эти данные удобно расположить в форме таблицы на развороте листа тетради: 1) номер точки (дополнительной); 2) индекс почв (по принятой в почвенной картографии системе) и ее название; 3) индекс растительной ассоциации и ее название; 4) мощности (в см) горизонтов (H_0 , H_1 , E , I и т.д.), типичных для почв данного элементарного ландшафта и установленных при описании основного разреза; 5) глубина отбора образцов почв; 6) перечень взятых для анализа растений.

Для водных объектов дополнительные точки берутся иначе. Если это небольшая река или ручей, то дополнительные точки берутся вверх по течению, выше каждого следующего притока и видимого выхода родников, но не реже чем через 500 м и обязательно вплоть до верховья водотока. Серия проб, взятых таким образом, даст представление о составе вод, дренирующих различные ярусы ландшафтов. Здесь уместно еще

раз напомнить, что при выборе места профиля нужно стремиться к тому, чтобы долина ручья или реки целиком находилась в пределах изучаемого геологического контура. Если водным объектом является источник, следует постараться взять дополнительные точки еще из нескольких родников, выходящих на тех же уровнях и в подобной же геологической и ландшафтной обстановке.

Кроме записей и зарисовок в бланках, в особом дневнике ведется описание особенностей отдельных элементарных ландшафтов и всего ландшафтного профиля в целом. Эти дополнения могут касаться как отдельных разрезов, так и общих особенностей рельефа, геологического строения, геоморфологических и гидрологических условий, закономерностей распределения элементарных ландшафтов, уровня залегания грунтовых вод, мощности и состава рыхлых отложений.

Кроме того, в пределах избранного профиля измеряются обычными методами относительные превышения рельефа и протяженность отдельных фаций.

Все эти материалы, так же как и описания разрезов элементарных ландшафтов, используются для составления схематического профиля данного ландшафтного звена. На профиле показывается геология и литология пород, наносов и мощность последних, глубина залегания грунтовых вод, границы отдельных ярусов элементарных ландшафтов, характерные для них новообразования, характер почв и растительного покрова.

В дневнике должны найти отражение выводы исследователя о типе геохимического сопряжения в данном местном ландшафте, а также те вопросы, которые возникли и остались нерешенными при работе на данном профиле. Полевое заключение исследователя о типе геохимического сопряжения в местном ландшафте должно быть оформлено в виде таблиц геохимической решетки для различных ландшафтных звеньев, характеризующих данный местный ландшафт. Примеры их даны в таблицах 24 и 25.

Таблица 24

Местный пермацидный лесной низкогорный ортогранслювильный ландшафт (на гранитах)

| Характеристика условий нахождения | Название элементарного ландшафта | | | | аквальный |
|-----------------------------------|---|--|--|--|--|
| | элювиальный | трансловиальный | трансакумулятивный | супераквальный | |
| Порода или нанос | хрящевато-щебенчатый элювий гранита | обломочный элювий и выходы гранита | песчаный делювиальный суглинок | песчано-галечниковые отложения | песчано-галечниковый аллювий |
| Элемент рельефа | узкие вершины гряд и сопки, отн. высота 300–400 м | верхние части склонов, 15–20° | средние и нижние части склонов, 7–5° | первая надпойменная терраса, отн. высота 1,0–1,5 м | свежий намок на пойме, 0,5–1,0 мм |
| Миграция вещества в твердом виде | не обнаруживается | осыпи и россыпи грубообломочного материала | не обнаруживается | не обнаруживается | |
| Угодье | лес по гари | лес по гари | вырубка, частично растахана | сенокос | |
| Растительность | сосновые мертвопокровные леса | сосново-березовые леса и заросли кустарников | взроставшие травяно-березовые леса, посевы | разнотравно-злаковые луга | по боргам заросли ивняка |
| Почвы | маломощные, щебенчатые, слабооподзоленные | не сформированы | дерново-среднеподзолистые | дерновые слаботеоватые | |
| Воды | данных нет | данных нет | 10 м, пресные | 1,5 м, пресные | ручей с постоянным течением, с средней глубиной, средней шириной |
| Относительная площадь в % | 5 | 65 | 20 | 7 | 2 |

Таблица 25

Местный импермацидный степной равнинный неозлювиальный ландшафт (на карбонатных лессовидных суглинках)

| Характеристика условий нахождения | Название элемента ландшафта | | | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|---|---|--|-----------|
| | элювиальный | транс-элювиальный | элювиально-аккумулятивный | супер-аквальный | аквальный |
| Порода или нанос | лессовидные суглинки, мощность 25 м | лессовидные суглинки, мощность 20 м | лессовидные суглинки, мощность 15 м | тяжелые лессовидные суглинки, мощность 5 м | |
| Элемент рельефа | слабоволнистые водораздельные равнины | верхние части склонов, 10–15° | нижние части склонов и шлейфы, 3–5° | днища ложбин, ширина 200–300 м | |
| Миграция вещества в твердом виде | нет | эрозионные бороздки 3–5 см на 15% площади | следы намыва в виде полос гумусированного материала | нет | |
| Угодые | пашня | выгон | выгон | сенокос | |
| Растительность | | обедненная ковыльно-разнотравная степь | разнотравно-ковыльная степь | разнотравно-злаковые луга с кустарниками | |
| Почвы | чернозем обыкновенный | чернозем среднесмытый | чернозем намытый | луговые солонцеватые почвы | |
| Воды | 20–25 м | 18 м | 6 м | 2,5 м | |
| Относительная площадь в % | 65 | 15 | 10 | 10 | |

Современные геохимические процессы и стационарные ландшафтно-геохимические исследования

Выявленная в результате изучения вертикальных геохимических профилей та или иная картина геохимических сопряжений в ландшафтах является результатом длительной истории развития данной территории. Чем моложе ландшафт, тем менее ясно выражен в нем тип геохимического сопряжения. Лишь постепен-

но, по мере течения процессов, происходит дифференциация веществ и складываются те или иные геохимические черты. Они запечатлеваются в составе различных горизонтов коры выветривания или рыхлых наносов, в определенном типе почв и характере донных отложений замкнутых водоемов. Все эти устойчивые, длительно формирующиеся природные образования, которые неизбежно обладают в большей или меньшей мере в зависимости от возраста и скорости процессов миграции реликтовыми чертами. Но наряду с этими, относительно устойчивыми системами имеются значительно более эфемерные, подвижные геохимические системы, состав которых отражает современные процессы миграции вещества в ландшафтах. Это прежде всего воды ландшафта, атмосферные, почвенные, грунтовые и воды постоянных водотоков, несущие именно те элементы, которые в настоящий момент перемещаются в ландшафте, – элементы, которые А.И.Перельман назвал активными водными мигрантами, или типоморфными элементами данного ландшафта. Эти системы настолько подвижны, что они отражают сезонный ритм современных геохимических процессов: по временам года изменяются не только количество вод и степень их минерализации, но и состав растворенных веществ. Проведенные в последнее десятилетие исследования П.В.Воронкова (1951, 1955) закономерностей формирования химического состава вод малых рек и местных искусственных водоемов показывают, что воды ландшафта изменяют свой класс и степень минерализации в зависимости от того, какой из вертикальных ярусов местных ландшафтов они дренируют. Поверхностно-склоновые воды ранней весны отличаются от почвенно-поверхностных и почвенно-грунтовых поздней весны, а те, в свою очередь, существенно отличны от грунтовых вод, питающих реки в меженный летний и зимний периоды.

Следовательно, при однократном взятии проб и анализе вод какого-либо водоема (чем обычно ограничиваются при экспедиционных исследованиях) получают данные, которые могут быть интерпретированы лишь по отношению к данному сезону, с учетом категории вод, питающих в данный момент водоем.

На основании однократно взятой пробы можно лишь весьма приблизительно судить о миграционной способности элементов в ландшафте, так как во многих случаях мы не знаем точно, какие ярусы ландшафта и какого состава дренируются водотоком в данный период. Можно лишь сказать, что в весенний период элементы вымываются главным образом из органических горизонтов почв и из подстилок, летом воды обогащены элементами, выносимыми из глубоких частей вертикального профиля ландшафтов. Следовательно, миграционные коэффициенты элементов, несомых в паводковых водах, следовало бы рассчитывать по отношению к растительным остаткам или к гумусовым горизонтам почв; элементы минерального остатка меженных вод пермацидных ландшафтов – к среднему составу всего вертикального профиля ландшафта, через который они прошли, а в импермацидных ландшафтах – к составу пород или наносов в водоносном слое и в катагенетическом горизонте, находящемся над грунтовыми водами.

Но для того, чтобы произвести подобные вычисления, нужно иметь данные стационарных гидрологических наблюдений, сопровождаемые периодическим отбором гидрохимических проб. Материалы подобного рода могут быть также основанием для расчета годового химического (и механического) стока на определенную площадь, а еще лучше – на определенный объем ландшафта.

Лишь пересчеты подобного рода, т. е. исчисление общей массы выносимых элементов за год или более длительный (одиннадцати-тридцатилетний) климатический период, взятые в отношении к массе тех же элементов, находящихся в зоне дренирования, могут дать представление об интенсивности химической денудации и миграционной способности различных элементов в данных ландшафтах.

В ландшафтах, где значительная концентрация легкорастворимых солей и их местная миграция являются определяющими геохимическими процессами, необходимы стационарные наблюдения за гидрологическим и солевым режимом почв, грунтов, грунтовых и поверхностных вод.

Опыт подобных стационарных исследований имеется на мелиоративных станциях и иных длительно существующих стационарах. Многолетние наблюдения за водно-солевым режимом ландшафтов древних аллювиальных равнин и областей дельт рек аридной зоны СССР, проведенные В.А.Ковдой (1946), В.М.Боровским (1959), В.А.Егоровым и другими, позволили выяснить не только особенности геохимического режима этих территорий, но исчислить для них солевой баланс и вскрыть тенденции их дальнейшего развития.

Интересный опыт длительного изучения водно-солевого режима ландшафта полупустынной комплексной равнины осуществлен в Джаныбекском стационаре Института леса в Прикаспийской низменности А. А. Роде и А.Ф.Большаковым. Методика этих исследований изложена в трудах Джаныбекского стационара (1959).

Методам изучения водного режима почв различных природных зон посвящена специальная книга А.А.Роде (1960).

Наряду с водами и легкорастворимыми солями, в ландшафтах имеется еще одна геохимическая система, чутко реагирующая на сезонные и более длительные климатические ритмы, – это растительность.

Растительность наземная и водная – пластичный компонент ландшафта. Она отражает в такой же степени, как и воды, современные геохимические процессы. Емкость и характер биологического кругооборота веществ и его ритм являются, подобно водам, суммарным геохимическим показателем, выражающим современную природу ландшафтов. Подобно водам, эта система очень изменчива. Общее количество органической массы, содержание зольных элементов, количество мертвых органических остатков изменяются по годам и сезонам года. Химический состав и зольность растений, взятых весной, существенно иные, чем у тех же растений, взятых летом или осенью. Но не только изменения от весны к осени влияют на состав золы растений. Каждый дождь выщелачивает из живых растений ряд подвижных элементов. Дождевые воды, прошедшие через лесную крону, заметно обогащаются рядом элементов, в частно-

сти, калием. Правда, эти элементы, попав в почву, вновь быстро поглощаются растениями. Часто подобный кругооборот завершается в течение одних суток. Но, тем не менее, и это обстоятельство надо иметь в виду при сборе растений для анализов.

Все это говорит о том, что наши данные о химическом составе растений, взятых однократно, имеют приблизительный характер и позволяют судить лишь о наиболее общих, присущих данной группировке или данному растению особенностях. Так, например, несмотря на сезонную изменчивость, в золе зеленых частей древесных растений из катионов преобладает кальций, в золе трав – калий, в золе злаков – кремний и т. д.

Опыт стационарных исследований биологического круговорота элементов уже имеется. Результаты подобных исследований и методика их проведения наиболее полно изложены в монографии Н.П.Ремезова, Л.Н. Быковой и К.М.Смирновой (1959).

Изучение биологического кругооборота веществ в сезонном аспекте, дополненное изучением динамики химического состава почвенных растворов с применением лизиметрических установок (К.М.Смирнова, 1959) или отжимания растворов с помощью пресса (И.Н.Скрынникова, 1961), позволяет более глубоко судить о направлении современных процессов почвообразования, связанных с биологической ветвью миграционных потоков элементов в ландшафтах.

При детальном ландшафтно-геохимическом исследовании, предусматривающих изучение водного или водно-солевого режима, исчисление запасов и форм влаги в вертикальном профиле ландшафтов сопровождается определением объемных весов различных горизонтов и ярусов. Эти данные дают возможность более полно охарактеризовать геохимическую обстановку, господствующую в различных частях профиля, определяемую соотношением твердой, жидкой и газообразной фаз.

Данные об объемном весе различных горизонтов и ярусов ландшафта позволяют при перечислении химических и иных анализов перейти от весовых к объемным процентам и определить общее количество того или иного элемента в единице объема данного элементарного ландшафта.

Глава IV

ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Обработка собранных в поле материалов в камеральный период осуществляется в несколько этапов.

Первый этап – это составление аналитического плана, организация и выполнение различного рода анализов.

Второй этап – это математическая обработка полученных аналитических данных и изображение результатов этой обработки в удобообозримых графических формах: вычисление различного рода ландшафтно-геохимических коэффициентов и составление ландшафтно-геохимических диаграмм.

Третий этап – это составление общих или специальных ландшафтно-геохимических карт и описание изучаемой территории.

Составление плана аналитических работ

Собранные при полевых исследованиях образцы пород, почв, растений, животных и вод должны быть подвергнуты различного рода анализам, позволяющим установить как элементарный вещественный состав изучаемых объектов, так и в ряде случаев формы нахождения в них тех или иных элементов.

Определение вещественного валового состава изучаемых объектов должно быть максимально полным, т.е. охватывать все находящиеся в данном объекте макро- и микроэлементы.

Лишь при этом условии могут быть вскрыты пути движения элементов в ландшафтах и их естественные ландшафтно-геохимические ассоциации. Практикуемые до последнего времени определения преимущественно макроэлементов (в водах, почвах, породах, растениях), проводимые главным образом почвоведомы, занимающимися проблемами кругооборота веществ, хотя и дают ценные материалы для геохимической характеристики ландшафтов, но не могут рассматриваться как геохимические исследования, выполненные по полной программе.

С другой стороны, идет накопление материалов по распространению и содержанию микроэлементов в почвах, водах, растениях, без одновременного определения содержания в этих же объектах макроэлементов. Работа в этом направлении проводится почвоведомы, биогеохимиками, а также гидрохимиками, геофизиками и геологами, ведущими геохимические поиски полезных ископаемых. Применение спектрального метода анализа, быстрого и дешевого, позволило накопить многочисленные материалы. Особенно многочисленны данные о содержании микроэлементов в поверхностных горизонтах почв, полученные при металлометрических съемках геологическими организациями.

В некоторых случаях при геохимических исследованиях, проводимых со специальными целями, определения химического состава могут быть ограничены группой элементов (как, например, при геохимических поисках рудных месторождений) и даже одним элементом (как, например, при установлении недостаточности йода, кобальта или молибдена в ландшафтах). В данном случае ограничение числа определяемых элементов не должно уменьшать число объектов, в которых производятся эти определения, т. е. анализу подлежат, как и в первом случае, все компоненты элементарных ландшафтов в геохимически сопряженных рядах.

При составлении плана аналитических работ и при его выполнении необходимо прежде всего предусмотреть валовые анализы исходных пород, продуктов выветривания, почв, раз-

личных конкреционных новообразований, анализы плотного остатка вод, золы различных частей растений и животных, золы подстилок и торфов в разных стадиях разложения. Обычные валовые и зольные анализы, методика которых описана во многих руководствах (Е.В. Аринушкина, 1961; М.А. Бобрицкая, 1960 и др.), дополняются анализами содержания азота, углерода, хлора и всего комплекса микроэлементов. Для определения уровней содержания микроэлементов в образцах применяются спектральные и полярографические методы анализов. Применяемые в настоящее время методы полуколичественного спектрального анализа обладают большой чувствительностью и могут быть использованы при ландшафтно-геохимических исследованиях. Однако обязательным условием их применения должна быть массовость анализов, что позволяет применить при обработке полученных данных статистические методы.

Массовость анализов в данном случае легко осуществима, так как производительность их велика.

В качестве руководства по спектральному анализу можно рекомендовать книги А.А. Русанова (1948, 1960), М.М. Клера (1959). Методы статистической обработки данных спектральных анализов изложены в работе А.П. Соловова (1959).

Однако, наряду с использованием материалов массовых полуколичественных анализов для изучения поведения микроэлементов в ландшафтах, требуется применение точных количественных методов химических и в особенности полярографических. О полярографическом методе анализа в приложении к почвам и растениям говорится в статьях Д.С. Орлова (1961), А.И. Макарова (1962). По вопросам организации спектральной лаборатории и методике определения микроэлементов в почвах, водах и золе растений можно воспользоваться опытом спектральной лаборатории биолого-почвенного факультета МГУ (Н.Г. Зырин и др., 1957, 1961).

При составлении аналитического плана должны быть указаны метод анализа и желаемая точность определения.

Для вод, почв, рыхлых отложений определяют кислотнo-щелочные условия среды. Для этого сначала определяют рН в водных и солевых суспензиях, если это не было сделано в поле, и содержание CO_2 – карбонатов.

Для установления корреляции между уровнями содержания тех или иных элементов и гранулометрическим составом почв наносов и коры выветривания следует в ряде случаев предусмотреть выполнение механических анализов.

Перспективным рациональным анализом вещественного состава почв, продуктов выветривания и наносов является определение содержания макро- и микроэлементов в различных механических фракциях. Для этого нужно предусмотреть предварительное выделение фракции различного диаметра (илистой, пылевой, песчаной) с их последующим химическим, спектральным и минералогическим анализом.

Кроме того, в ряду рациональных анализов могут быть использованы: а) водные вытяжки для определения степени подвижности различных элементов и возможного вычисления коэффициентов подвижности; б) солевые или очень слабoкислотные вытяжки, извлекающие элементы, поглощенные коллоидами; в) оксалатные вытяжки или вытяжки 0,005 н. H_2SO_4 , переводящие в раствор подвижные, свежесажженные гидраты окислов железа и связанные с ним органические вещества; г) солянокислые (10- и 20%-ный HCl), переводящие в раствор многие вторичные минералы (карбонаты, гипс, более стойкие формы гидратов Fe_2O_3 , Mn_2O_3 и часть неустойчивых первичных минералов); д) щелочные (5%-ный KOH), извлекающие соединения аморфного кремнезема; е) вытяжки фосфорно-кислые с последующей обработкой щелочью, позволяющие определить в нерастворимом остатке геохимически инертный кварц.

Однако следует иметь в виду, что тот или иной рациональный анализ является желательным, а в ряде случаев и обязательным дополнением к общему валовому анализу. Потому что прежде чем говорить о тех или иных формах нахождения элемента, мы должны представлять, каковы местные кларки это-

го элемента в различных типах элементарных ландшафтов данной территории, и в каком соотношении находится средний местный кларк данного элемента с кларком его во всей литосфере или биосфере. Вот те вопросы, которые решаются только на основании определений валового содержания элементов в анализируемых объектах.

Способы обработки аналитических данных Геохимические показатели

Сопоставление и обработка данных различного рода анализов – один из важных этапов работы по геохимическому изучению ландшафта.

Для большей легкости сопоставления химического состава различных компонентов ландшафта и исчисления различного рода коэффициентов данные анализов следует выражать не в обычно принятой форме окислов, а в форме ионов, содержание которых исчисляется в процентах или г экв процентах. Исключение представляет химически связанная вода, которая дается в форме H_2O . Расчеты анализов почв, пород производятся на безводное вещество.

Для углерода и азота содержание органических и неорганических форм дается отдельно. Во всех анализируемых объектах отдельно дается содержание окисного и закисного железа.

Данные анализов золы растений приводятся в двух вариантах в процентах от веса сухого вещества и веса золы

Химические анализы вод приводятся в мг • экв/л и в мг • экв • процентах от веса плотного остатка.

Количество и характер распределения элементов

Так как для геохимического анализа ландшафта требуется отчетливое представление о закономерностях распределения того или иного элемента в пространстве, то обработку

аналитических материалов по отдельным вертикальным профилям элементарных ландшафтов и геохимическим профилям местных ландшафтов следует начать с составления диаграмм или графиков распределения элементов. Для изображения изменения количества элементов в вертикальном профиле можно принять способ, изображенный на рис 23. Это геохимическая диаграмма подземной части вертикального профиля элементарного ландшафта. На ней показано соотношение элементов в твердой фазе почв и коры выветривания. Рис. 24 иллюстрирует несколько иной способ показа распределения элементов по вертикальному профилю. Это геохимическая диаграмма относительного содержания некоторых микроэлементов в

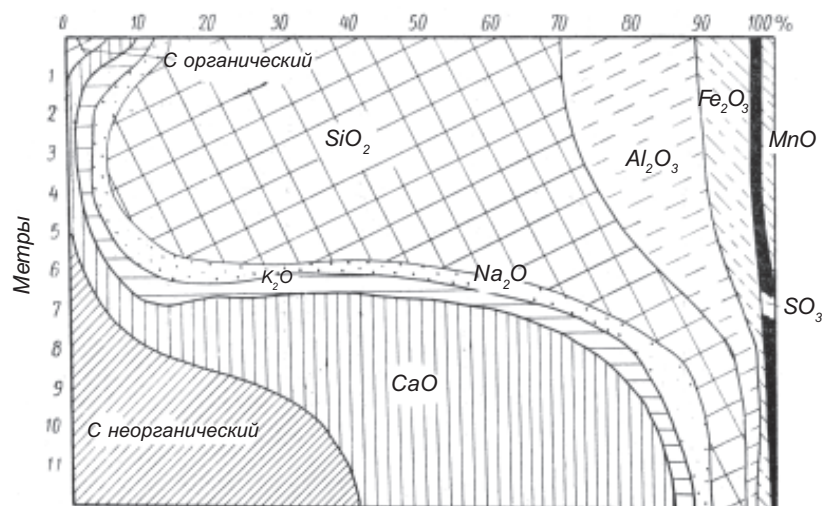


Рис. 23. Распределение макроэлементов в твердой фазе вертикального геохимического профиля элементарного параэлювиального лесного ландшафта на элювии известняка

различных ярусах и горизонтах по отношению к коренной породе. Для построения этой диаграммы использованы данные анализов по двадцати разрезам; для каждого генетического горизонта почв, так же как и для почвообразующих пород,

было высчитано среднее содержание каждого микроэлемента. Среднее содержание микроэлементов в породах было принято за единицу; содержание элементов во всех остальных горизонтах, показанное на диаграмме, представляет отношение среднего содержания элемента в данном горизонте к среднему содержанию в породе. На диаграмме отчетливо видна картина относительного обеднения и обогащения отдельных горизонтов почвенного профиля теми или иными геохимическими ассоциациями элементов.

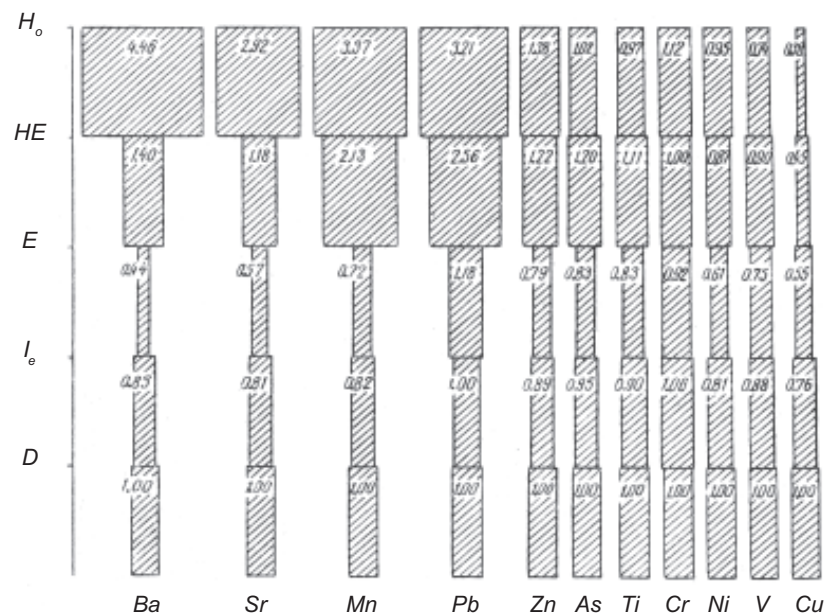


Рис.24. Относительное распределение микроэлементов в вертикальном профиле почв и коры выветривания элементарного таежного ортоэлювиального ландшафта

Для показа абсолютного содержания тех или иных групп элементов по профилю почв и коры выветривания могут быть приняты способы, изображенные на рис. 25 и 26.

Для показа относительного содержания элементов в различных фациях местного ландшафта, входящих в состав ланд-



Рис. 25. Геохимическая колонка вторичного неозювиального ландшафта: 1 – гумусовый горизонт; 2 – карбонатный горизонт; 3 – лессовидный суглинок; 4 – лессовидный суглинок с карбонатными и железистыми конкрециями; 5 – кора выветривания альбитофиров

шафтного звена, можно воспользоваться методом геохимических диаграмм или графиков, составленных для различных ярусов ландшафта.

Рис. 27 представляет пример подобной геохимической диаграммы, показывающей относительное содержание ряда микроэлементов в геохимически сопряженных фациях местного таежного ландшафта на гранодиоритах (А – в почвах и коре выветривания, Б – в горизонте Н° почв, представляющем собой слаборазложившийся органический опад). Для построения подобной диаграммы рассчитывается относительное содержание элементов в подчиненных фациях: берется среднее содержание данного элемента в почвах и коре выветривания автономной ортоэлювиальной фации с использованием данных как по основному, так и по дополнительным разрезам. Подобные средние исчисляются по всем подчиненным фациям. Далее берется отношение среднего содержания данного элемента в подчиненной фации к среднему содержанию его в автономной фации. Получаем ряд значений коэффициентов местной концентрации и рассеяния.

Подобные же расчеты можно произвести для отдельных горизонтов или целых ярусов элементарных ландшафтов, образующих данный геохимически сопряженный ряд. Так, например, можно сопоставить химический состав яруса живого вещества, подстилки, суммарно почвенного яруса, яруса коры

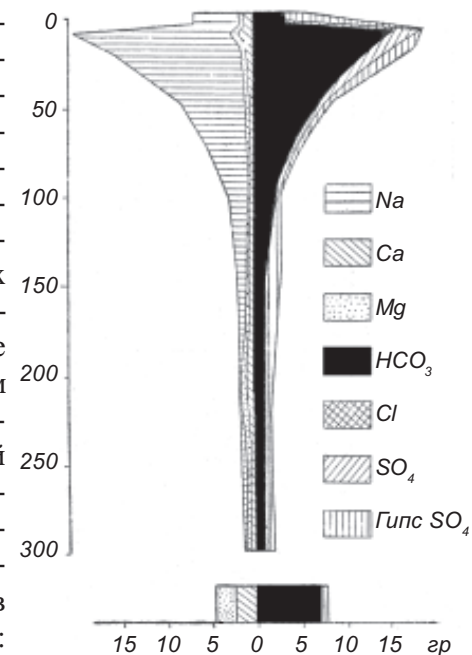


Рис. 26. Солевой профиль почвы супераквального солончакового ландшафта

выветривания, отдельно горизонтов катагенеза и т. д. Серии такого рода диаграмм позволяют в наглядной форме показать места рассеяния и концентрации элементов в рядах геохимически сопряженных фаций, а также легко выявить те ассоциации элементов, которые образуют в определенных фациях местные геохимические концентры.

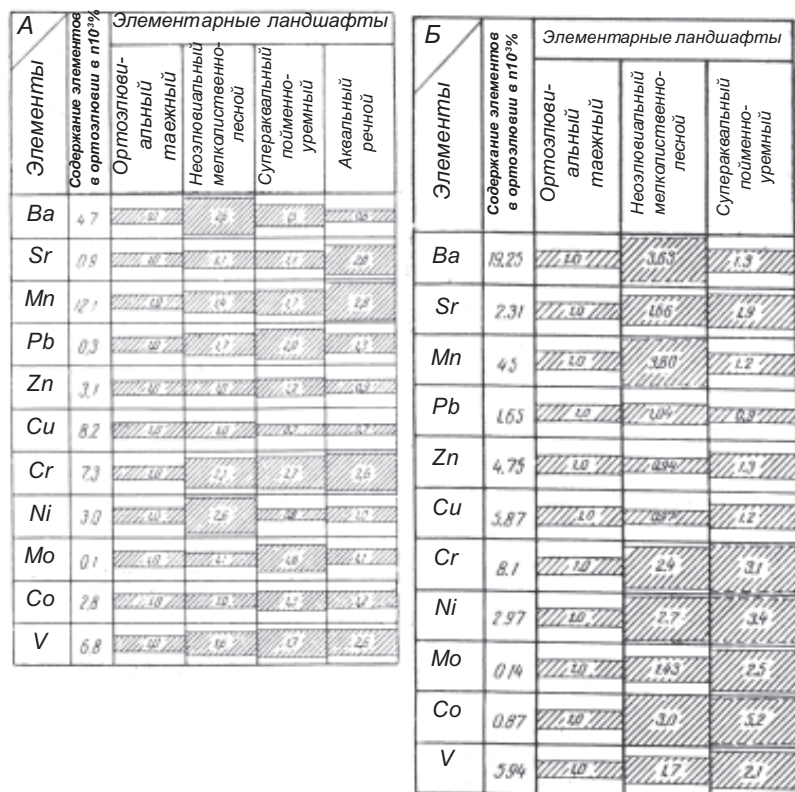


Рис. 27. Геохимические диаграммы сопряженного ряда элементарных фаций таежного ландшафта. Относительное содержание микроэлементов А – в минеральных горизонтах почв и наносов, Б – в подстилках

На рис. 27, А видно, что в данном местном ландшафте в супераквальных и аквальных фациях наблюдается относительная концентрация марганца, хрома, стронция. На диаграмме

видно, что относительное содержание меди в подчиненных фациях меньше, чем в автономной. Следовательно, можно предположить, что медь в данном ландшафте не задерживается, и все подчиненные фации являются для нее лишь местом транзита. Но можно предположить и другое, т.е. отсутствие выноса меди из автономного элементарного ландшафта и как следствие этого – малое ее содержание в подчиненных фациях.

Для того, чтобы решить вопрос, какое предположение правильно, надо обратиться к геохимической диаграмме вертикального профиля автономного элементарного ландшафта данного сопряженного ряда.

Если кора выветривания и почва содержат меди меньше, чем исходная порода, второе предположение о малой подвижности меди отпадает, и с уверенностью можно говорить об интенсивном выносе этого элемента как из автономных, так и из подчиненных фаций данного ландшафта.

Подобная картина интенсивного выноса меди из профиля сильно подзолистой почвы видна на рис. 24.

Относительное содержание микроэлементов в органическом горизонте почв в автономных и подчиненных фациях местного таежного ландшафта (рис. 27, Б) существенно иное, чем в минеральных горизонтах этого же ряда фаций. Наземный опад в неозолювиальных и в супераквальных фациях является в данном случае местом значительной концентрации и в первую очередь хрома, никеля, кобальта, молибдена, стронция, ванадия. Относительное содержание этих элементов в опаде подчиненных фаций возрастает по сравнению с автономной в 2,5-3 раза. Этот факт говорит о том, что растительность подчиненных фаций представляет биологический экран по отношению к названному ряду химических элементов. По-видимому, поступление микроэлементов из автономных фаций в подчиненные в относительно подвижных формах способствует их более легкому усвоению растительностью.

Приведенный выше пример показывает, что для установления геохимических особенностей нельзя ограничиваться со-

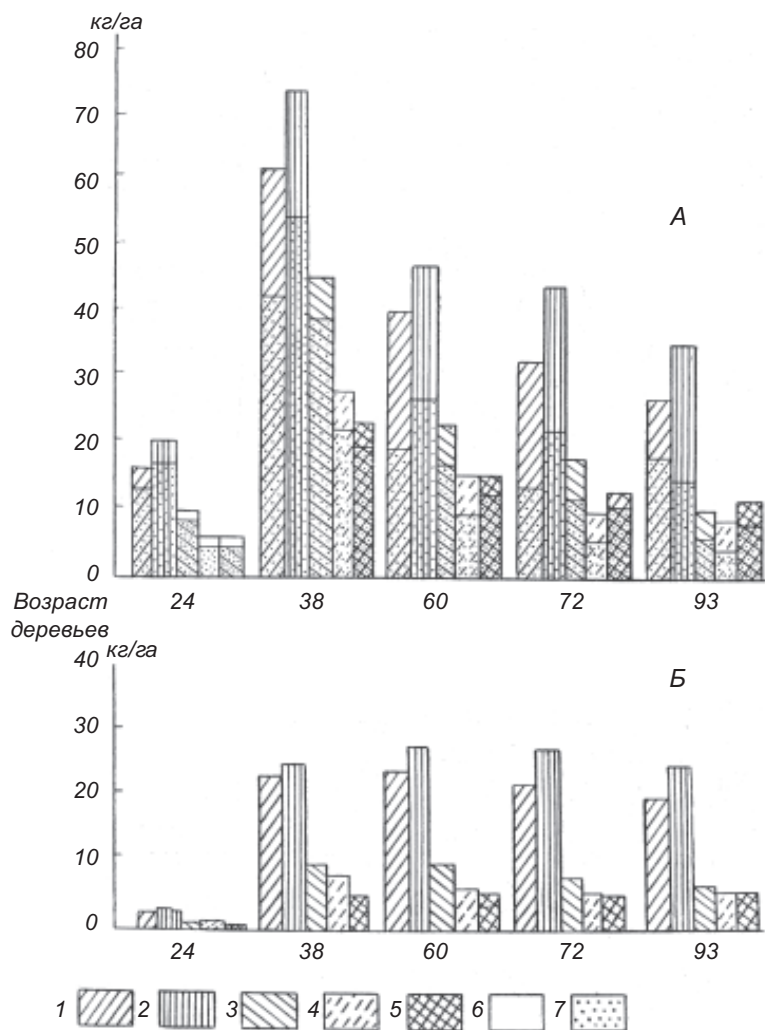


Рис. 28. Биологический круговорот веществ в ельнике-зеленомошнике (по Н.Р.Ремезову, Л.Н.Быковой и К.М.Смирновой, 1956): А – ежегодное потребление, Б – ежегодный возврат элементов; 1 – N, 2 – CaO, 3 – K₂O, 4 – P₂O₅, 5 – SO₃, 6 – на создание хвои, 7 – на годичный круговорот

поставлением только минеральных или только органических ярусов, необходимы их сопряженное изучение и анализ.

Подобного рода диаграммы и графики позволяют судить лишь об относительном изменении содержания того или иного элемента в различных ландшафтно-геохимических полях.

Чтобы перейти от этих относительных величин к абсолютным, т. е. исчислению общего запаса того или иного элемента в различных элементарных ландшафтах, необходимо все данные перевести на площади или на объемы ландшафтов.

В настоящее время расчеты содержания элементов на определенную площадь или на объем приводятся лишь по отношению к биологическому и для некоторых элементов к почвенному ярусам ландшафтов.

Для биологического яруса производят следующие расчеты.

1. На основании полевых определений количества надземной и подземной живой органической массы и массы подстилок (или торфов) можно произвести расчеты запасов различных форм органического вещества в центнерах или в тоннах на 1 га. Это очень важный геохимический показатель ландшафтов. Имея в распоряжении данные о зольности различных частей растений и подстилок и о составе золы, можно произвести расчет содержания зольных элементов в центнерах или килограммах на 1 га и учесть, таким образом, “биологическую емкость ландшафта”.

2. На основании данных о годичном приросте биологической массы в древостоях и травянистых ассоциациях, а также данных о величине годичного спада, исчисленных на гектар, можно рассчитать, какое количество и каких элементов участвуют в годовом цикле биологического кругооборота веществ.

Результаты подобных расчетов удобно представить в виде диаграмм (рис. 28, 29).

Для почвенного яруса ландшафта может быть произведен подобный же подсчет общего запаса тех или иных элементов в весовых единицах на единицу площади (запасы корней, гумуса, азота, фосфора, калия, различных важных для жизни растений и животных микроэлементов).

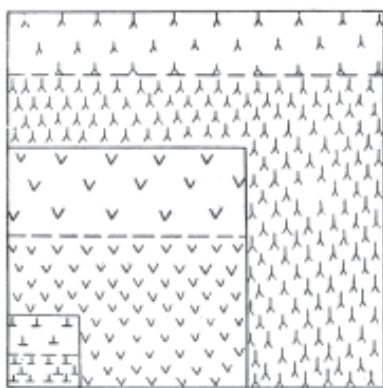


Рис. 29. Биологический круговорот веществ на такырах Туркмении (по Н.И.Базилевич и А.Е.Родину): 1 – сухая органическая масса, 2 – ежегодный опад, 3 – ежегодный возврат сольных веществ; а – от наземной части, б – от корней

Опыт пересчетов подобного рода отсутствует, и поэтому пока трудно сказать, насколько эти суммарные цифры будут характеризовать существующую дифференциацию вещества в автономных и подчиненных фациях.

Миграционные коэффициенты и миграционные ряды

В почвоведении и геохимии ландшафтов применяется в настоящее время для характеристики процессов миграции элементов три рода пересчетов.

1. Сравнение химического состава исходной породы с составом образовавшейся из этой породы коры выветривания и

Подобные же пересчеты следует произвести и в отношении более глубоких ярусов ландшафта.

Лишь при этих условиях мы получим достоверный материал для определения местных кларков элементов, возможность расчета величины и порядка выноса элементов из коры выветривания, избежав, таким образом, условности применяемых в настоящее время различного рода коэффициентов.

А.И.Перельман (1956) предложил в качестве одной из геохимических характеристик ландшафта суммарные величины содержания того или иного элемента во всем вертикальном профиле, приведенные к единице площади, например, с 1 м².

почвы, сопровождающееся вычислением элювиально-аккумулятивных коэффициентов и рядов выноса и накопления.

2. Сравнение химического состава породы или почвы с составом золы растений, произрастающих на этой почве, и вычисление коэффициентов и рядов биологического поглощения.

3. Сравнение химического состава плотного остатка грунтовых или поверхностных вод с химическим составом дренируемых этими водами пород. Подобное сопоставление является основанием для вычисления миграционной способности элементов, выражаемой в виде коэффициентов водной миграции.

Элювиально-аккумулятивные коэффициенты и ряды выноса и накопления

Вычисление элювиально-аккумулятивных коэффициентов было широко распространено среди русских почвоведов после работ Коссовича, применившего подобные расчеты к анализу почвенных профилей. До сего времени у некоторых авторов можно встретить в работах термин “пересчеты по Коссовичу”. Гарассович применил подобные же пересчеты для определения порядка выноса и накопления элементов из коры выветривания латеритного типа.

Вычисление коэффициентов выноса и накопления из почв и коры выветривания строится на ряде допущений: 1) предполагается, что исходная порода (или для рыхлых отложений нанос) до того момента, как началось формирование коры выветривания и почвы, была совершенно однородной; 2) предполагается, что в пределах данного профиля идет лишь перераспределение, т. е. вынос одних и остаточная аккумуляция других без поступления веществ извне (с боковым привносом, или из атмосферы); 3) все исчисления такого рода строятся на предположении, что в составе продуктов выветривания или почв имеется окисел или элемент – “свидетель” – неподвижный или очень малоподвижный по сравнению с другими, который можно было бы использовать в качестве эталона для опреде-

ления степени подвижности всех остальных компонентов. За такой окисел-свидетель принимается элемент, обнаруживающий в элювиальных продуктах выветривания или в элювиальных горизонтах почв наибольшее относительное содержание. В качестве такого “неподвижного” окисла используется или кремнезем, или алюминий, или железо. А.А.Роде (1937) предложил в качестве окисла-свидетеля брать не весь кремнезем, а лишь кремнезем кварца – минерала, обладающего в зоне гипергенеза большой устойчивостью.

Вычисление элювиально-аккумулятивных коэффициентов производится следующим образом. Представим себе, что в 100 г исходной породы содержалось: кварца (SiO_2) 25 г, Al_2O_3 10 г, а в продуктах выветривания этой же породы содержится кварца 50 г, Al_2O_3 15 г. Для того, чтобы определить элювиально-аккумулятивные коэффициенты для Al_2O_3 , нужно произвести следующие расчеты. В породе отношение $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2 = 0,4$. Если бы Al_2O_3 был так же неподвижен, как и кварц, то в коре выветривания отношение $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ сохранило бы то же самое значение, т. е. равнялось бы 0,4. Следовательно, на 50 г кварца должно было бы сохраниться Al_2O_3 20 г ($50 \times 0,4 = 20$). В действительности же в коре выветривания на 50 г SiO_2 приходится не 20, а 15 г Al_2O_3 . Следовательно, 5 г от первоначального количества вымыто. Элювиально-аккумулятивный коэффициент для Al_2O_3 в коре выветривания будет равен $5/20 = 0,25$, или, если перевести в проценты от исходного количества, это составит 25% вынесенного Al_2O_3 от его первоначального содержания.

Подобный же пересчет можно произвести по отношению к любому другому элементу.

Общая формула для вычисления элювиально-аккумулятивных коэффициентов будет такова. Обозначим содержание окислов А и В в породе через A_1 и B_1 , а в коре выветривания через A_2 и B_2 . Предположим, что окисел А является неподвижным, а окисел В мигрирует. Потеря этого окисла в коре выветривания может быть рассчитана по формуле $B_1/A_1 \cdot A_2 - B_2$; относи-

тельная потеря или элювиально-аккумулятивный коэффициент равен:

$$K_b = (B_1/A_1 \cdot A_2 - B_2) : B_1/A_1 \cdot A_2 = 1 - B_2 A_1 / B_1 A_2$$

Этот коэффициент будет иметь положительный или отрицательный знак в зависимости от убыли или накопления данного элемента. Сравнивая между собой элювиально-аккумулятивные коэффициенты, вычисленные для различных элементов, можно судить о том, во сколько раз один элемент быстрее выносится, чем другой. Изменение значений элювиально-аккумулятивных коэффициентов по горизонтам можно изобразить графически.

Однако, несмотря на кажущуюся убедительность подобных расчетов, следует иметь в виду их условность и относиться к ним осторожно, не злоупотребляя подобными пересчетами в сомнительных случаях. Во-первых, нужно помнить, что в ландшафтах нет абсолютно неподвижных элементов. Все элементы мигрируют, хотя и с различной скоростью. Часто один и тот же элемент движется под влиянием разных факторов в различных направлениях. Например, вынос того или иного элемента в растворах и его биологическое поглощение и передвижение в связи с этим в направлении, обратном общему току растворенных веществ. Нахождение элементов в золе растений и в природных водах говорит о всеобщей подвижности их, поэтому неподвижного элемента или соединения-свидетеля в ландшафте найти нельзя. Даже кварц растворяется в условиях земной поверхности и, что еще более существенно, образуется вновь. Наличие вторичного кварца в продуктах выветривания и почвах делает все расчеты с кварцем как элементом-свидетелем не вполне верными.

В свое время Б.Б.Полынов (1953) показал, к каким заблуждениям можно прийти при расчетах элювиально-аккумулятивных коэффициентов для верхних, богатых органическим веществом горизонтов почв, часто наполовину состоящих из растительных остатков. В этих горизонтах концентрируются эле-

менты золы растений, а не остаточные элементы породы. Но даже и для минеральных горизонтов эти расчеты часто себя не оправдывают.

В настоящее время обычно пользуются при расчетах весовыми процентами элементов, а не их объемными процентами, что также может привести к ложным выводам. Часто сравнивают весовые содержания элементов в массивных породах и в образовавшейся на них коре выветривания, забывая, что объемный вес породы нередко в два и более раза превышает объемный вес пористой коры выветривания.

Приведем такой пример. В породе содержится 50% SiO₂, в коре выветривания – 70%. Если учитывать только весовые проценты, создается впечатление, что кремнезем в данном случае неподвижен и может быть окислом-свидетелем. Но дело меняется, если мы учтем, что объемный вес породы равен 3, а коры выветривания – 1,5. В этом случае в 100 см³ породы содержится 50×3 = 150 г SiO₂, а в 100 см³ – коры выветривания 70×1,5=105 г, т.е. в процессе выветривания вынесено 45 г SiO₂, что составляет почти третью часть от первоначального содержания.

Следовательно, надо иметь определения объемных весов, которые обеспечивают расчеты выноса или накопления элементов на объем того или иного яруса ландшафта.

Пока этих материалов нет, представляется возможным ограничиться гораздо более простыми расчетами, позволяющими определить не абсолютные величины выноса или накопления, а лишь наметить последовательность расположения элементов по степени их подвижности в рядах относительного выноса и накопления.

Для этого можно использовать данные анализов, выраженные в весовых процентах и не делать трудоемких определений содержания SiO₂ кварца. Для построения миграционного ряда берутся отношения пар элементов в сравниваемых образцах и располагаются в ряд по возрастающим или убывающим значениям. Например, имеются образцы породы и коры выветривания со следующим содержанием элементов (табл. 26).

Таблица 26

Валовой анализ в % на прокаленное вещество (по Б. Б. Полюнову)

| Объект анализа | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MnO | CaO | MgO | K ₂ O | Na ₂ O |
|--|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------|------------------|-------------------|
| Кора выветривания | 46,10 | 0,20 | 28,10 | 19,50 | 0,21 | 0,62 | 3,06 | 0,19 | 0,70 |
| Порода | 55,57 | 0,76 | 23,39 | 4,75 | 0,16 | 6,70 | 1,56 | 3,98 | 3,71 |
| Относительные элювиально-аккумулятивные коэффициенты | 0,85 | 0,26 | 1,20 | 4,10 | 1,31 | 0,09 | 1,92 | 0,04 | 0,11 |

В третьей строчке приведены отношения содержания элементов в коре выветривания к содержанию в породе или относительные элювиально-аккумулятивные коэффициенты (K_{эл}).

На основании их можно расположить элементы по возрастанию значению полученных коэффициентов в следующий элювиально-аккумулятивный ряд:

$$\frac{K_2O}{0,04} > \frac{CaO}{0,09} > \frac{Na_2O}{0,11} > \frac{TiO_2}{0,26} > \frac{SiO_2}{0,85} > \frac{Al_2O_3}{1,20} > \frac{MgO}{1,92} > \frac{Fe_2O_3}{4,10}$$

Он показывает порядок относительной убыли и накопления элементов в коре выветривания. Элементы, для которых значения полученного коэффициента меньше единицы, из коры выветривания выносятся. Это K, Ca, Na, Ti, Si. Об элементах, где он немногим больше единицы (Al, Mn, Mg), можно сказать, что они уступают в скорости миграции первым и поэтому относительно накапливаются. В отношении железа, содержание которого в коре выветривания в 4,1 раза больше, чем в породе, можно говорить об абсолютном накоплении, не предвещая вопроса – только ли это остаточное железо или частично принесенное сюда со стороны.

Ответ на этот вопрос можно получить, если мы будем рассматривать кору выветривания не изолированно, а как определенный горизонт вертикального и горизонтального профиля местного ландшафта.

Интерпретации полученных названным способом рядов помогает вычисление величин молекулярных отношений меж-

ду различными окислами в каждом из анализируемых образцов. Обычно берут следующие отношения:

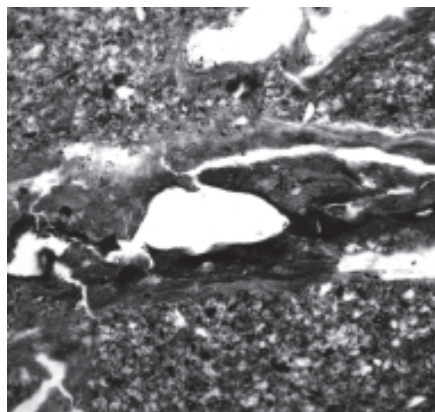


Рис. 30. Флюидальная микро-структура вторичных натечных глинных новообразований (увеличение в 20 раз)

При сочетании химического и микроморфологического анализа, по характеру микроструктуры и взаимному расположению первичных и вторичных минералов можно судить о том, каков характер относительного обогащения данного горизонта тем или другим элементом: или это остаточный продукт выветривания, или привнесенный извне. В последнем случае вторичные новообразования имеют флюидальную микроструктуру (рис. 30), явно говорящую о перемещении вторичных минералов внутри изучаемой толщи. Результаты вычисления элювиально-аккумулятивных рядов, а также изменение по профилю молекулярных отношений элементов можно представить в виде серии графиков.

Ряды биологического поглощения

Вычисление рядов биологического поглощения было впервые применено Б.Б.Полыновым при изучении процессов выветривания массивно-кристаллических пород в Ильменском заповеднике. На основании сопоставления химического состава массивных пород и золы лишайников, растущих на поверхности этих пород, Б.Б.Полынов показал, что лишайники по-

глощают различные элементы не пропорционально их содержанию в породе, а избирательно. Одни элементы очень интенсивно накапливаются в золе лишайника, другие – слабо. Приводим эти данные (табл. 27).

Таблица 27

| Объект анализа | В 100 частях содержится в % | | | | | | | |
|--|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------------------|-------------------|-------------------------------|
| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O | Mg ₂ O | P ₂ O ₅ |
| Зола | 15,7 | 2,50 | 5,50 | 22,10 | 4,80 | 18,00 | 6,80 | 9,30 |
| Гранито-гнейсы | 70,90 | 14,67 | 3,67 | 1,55 | 0,36 | 4,35 | 4,23 | 0,15 |
| Коэффициент биологического поглощения (Кб) | 0,02 | 0,17 | 1,49 | 14,0 | 13,09 | 4,13 | 1,37 | 62,0 |

В третьей строке приведено отношение содержания элемента в золе к содержанию его в породе или коэффициент биологического поглощения. В результате можно построить следующий ряд элементов по убывающей энергии их биологического поглощения:



Сопоставляя состав золы лишайников по мере минерализации их остатков с составом мелкозема, накапливающегося в углублениях поверхности скал, Б.Б.Полынов пришел к выводу, что химический состав его, особенно коллоидальной фракции, складывается при значительном участии элементов, освобождаемых при разложении растительных остатков.

В дальнейшем метод сопряженного изучения пород, почв и золы растений стал широко применяться почвоведом. На основании этих материалов были установлены особенности рядов биологического поглощения элементов для различных растительных группировок и видов растений, доказано биогенное накопление ряда элементов в верхних горизонтах почвенного профиля и наличие в них некоторых минералов – биолитов, в частности опалов, сохраняющих форму кремневых телец, заключенных в тканях растений или форму скеле-

тов диатомовых водорослей (рис. 31). К таким же минералам – биолитам относятся известковые раковины наземных и водных моллюсков.

Для того, чтобы проследить миграцию элементов, сопровождающую минерализацию органических остатков, необходимо составить ряды выноса элементов из опада и разлагающихся подстилок. Для этого должно быть произведено сопоставление химического состава свежего, только что опавшего материала (свежий опад листьев, хвой или степного войлока) и химического состава опада в разных стадиях разложения (прошлогодний и более старый).

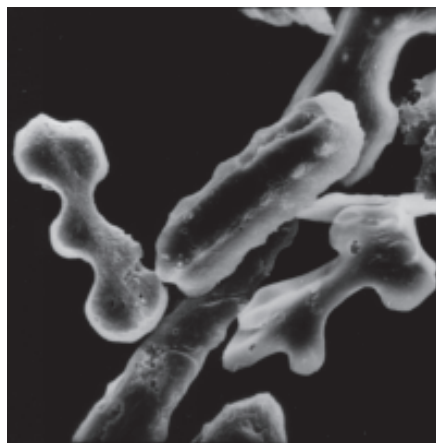


Рис.31. Фитолитарии луговых злаков (увеличение в 50 раз)

Взяв соотношение элементов, содержащихся в опаде, к элементам, содержащимся в подстилке, можно составить ряд выноса и остаточного накопления элементов в подстилке. Сравнивая подстилки в различных стадиях разложения, можно составить представление о дальнейшем направлении процесса. Исследования подобного рода, проведенные Р.Х.Айдиняном в Каменной степи, послужили основанием для доказательства биогенного происхождения коллоидальных глин в верхних горизонтах черноземов. Подобный же вывод о биогенном происхождении илистой фракции продуктов выветривания и почв был получен нами на основании ландшафтно-геохимических исследований, проведенных в Тянь-Шане (Глазовская, 1956,1957).

Большее или меньшее участие биогенных элементов в сложении почв и рыхлых наносов могло бы быть установлено и

более точными методами, чем это производится сейчас. В свое время В. И. Вернадский писал, что изотопный состав элементов живого вещества отличается от изотопного состава элементов литосферы. В частности, в живом веществе концентрируются радиоактивные изотопы.

Следовательно, если применить к изучению вещественного состава различных компонентов ландшафта методы масс-спектрографии, можно уловить эти различия в составе изотопов и определить степень “биогенности” того или иного изучаемого объекта. На особенностях изотопного состава живых организмов основан, в частности, радиоуглеродный метод определения абсолютного возраста.

“Биогенность” глин и почв, особенно верхних горизонтов последних, заставляет учитывать эту особенность при интерпретации рядов выноса и поглощения элементов. Ряды биологического поглощения элементов в системе массивная порода – литофильные растения – это ряд первичного поглощения. Ряды биологического поглощения в системе мелкоземистые продукты выветривания (или почва) – растение представляют вторичные ряды, так как субстрат уже обогащен биогенными элементами, в какой-то своей части вновь входящими в биологический кругооборот.

Миграционная способность элементов Коэффициенты и ряды водной миграции

Миграционная способность элементов в коре выветривания может быть определена на основании сопоставления химического состава речных и грунтовых вод с составом минерального остатка дренируемых этими водами горных пород. Метод был предложен американским ученым Смитом (1913) и в дальнейшем детально разработан и применен к изучению циклов выветривания и типов коры выветривания Б.Б.Полыновым. На основании статистической обработки материалов и сопоставления среднего химического состава литосферы со

средним химическим составом минеральной части рек Б.Б. Польшов пришел к выводу, что элементы, мигрирующие в водных растворах, обладают различной степенью подвижности. По степени подвижности Б.Б. Польшов объединил элементы в пять групп.

А.И.Перельман, продолжая развивать идеи Б.Б.Польшова в отношении миграционных свойств элементов, предложил использовать для характеристики миграционной способности коэффициент водной миграции $K_x = (m_x \cdot 100) / (a \cdot n_x)$, где m_x – содержание элемента x в водах, дренирующих кору выветривания, n_x – содержание элемента x в горных породах, дренируемых этими водами; a – величина минерального остатка речной или грунтовой воды.

Таблица 28

Миграционные ряды элементов в коре выветривания
(по Б.Б. Польшову)

| Ряд элементов | Состав ряда | Показатель порядка величины миграции |
|---------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Энергично-выносимые | Cl (Br, J) S | $2n \cdot 10$ |
| Легковыносимые | Ca, Na, Mg, K | $n \cdot 10$ |
| Подвижные | SiO ₂ P, Mn | $n \cdot 10^{-1}$ |
| Инертные (слабоподвижные) | Fe, Al, Ti | $n \cdot 10^{-2}$ |
| Практически неподвижные | SiO ₂ кварца | $n \cdot 10^{-\sim}$ |

Коэффициент водной миграции показывает, во сколько раз содержание элементов в минеральном остатке речной воды больше или меньше, чем в исходной, дренируемой породе. А.И.Перельман вычислил указанным способом местные коэффициенты водной миграции для коры выветривания различных пород южных районов Средней Азии и пришел к выводу, аналогичному выводу Б.Б.Польшова, что расположение элементов в миграционных рядах и порядок величин коэффициентов водной миграции сохраняют постоянство. Поправка к рядам Б.Б.Польшова была введена лишь в отношении калия, оказавшегося менее подвижным. Интересные данные получе-

ны А.И.Перельманом в отношении коэффициентов водной миграции ряда микроэлементов, для исчисления которых он использовал анализы вод некоторых рек и величины кларков элементов в литосфере.

Однако, как и все остальные коэффициенты, коэффициент водной миграции также может лишь указывать на порядок выноса элементов из коры выветривания и приобретает достоверность в случае статистической обработки большого количества анализов. Для характеристики интенсивности миграции элементов на конкретных территориях он сохраняет значение, когда мы имеем дело с литологически однородным массивом коренных пород, с маломощной обломочной корой выветривания и молодой трещиноватостью. В этих условиях воды действительно дренируют горные породы определенного состава. Если литологический состав подобного массива пестрый, уже затруднительно определить тот средний химический состав породы, который будет эталоном и послужит для вычисления коэффициентов водной миграции. Если же территория находится в области древнего рельефа, где развита более или менее мощная кора выветривания, почти целиком слагающая современную зону дренирования, то химический состав грунтовых и речных вод вообще не может сопоставляться с составом коренных пород. Тогда в качестве эталона надо брать средний состав всей толщи коры выветривания (или рыхлого наноса), в случае пермацидного ландшафта – средний состав почв, в случае мерзлотного импермацидного и поверхностного импермацидного ландшафта и т. д.

Кроме того, при исчислении коэффициентов водной миграции нужно помнить, что в разные сезоны года поверхностные водотоки питаются водами различного генезиса: поверхностно-склоновыми во время ранневесеннего паводка, почвенно-поверхностными и почвенно-грунтовыми на спаде паводка и грунтовыми в меженные периоды. Поэтому и коэффициенты водной миграции должны вычисляться по отношению к среднему составу дренируемого в данный момент яруса геохи-

мически сопряженного ряда элементарных ландшафтов, находящихся в бассейне водосбора.

Состав паводковых поверхностно-склоновых вод следует сопоставлять с химическим составом опада или подстилок, а нахождение в бассейне водосбора поверхностного засоления почв (например, в аквально-супераквальных фациях) с составом солевых веществ на поверхности почв и т. д.

Следовательно, при вычислении местных коэффициентов водной миграции следует принимать во внимание генетически различные категории вод, строго привязывая их к тем частям, в которых действительно идет формирование их солевого состава.

Имея серию анализов вод, начиная от слабоврезанных источников какого-либо водотока вниз по долине, вскрывающей более глубокие ярусы ландшафтов, можно получить представление об изменении миграционной способности элементов, поступающих из различных ярусов.

Самостоятельное значение для геохимической характеристики ландшафта имеет сопоставление между собой солевого состава различных категорий циркулирующих в ландшафтах вод, взятых в один и тот же период: почвенных, уловленных, например, с помощью лизиметров; почвенно-грунтовых, вскрытых скважинами и колодцами; грунтовых или трещинно-грунтовых, выходящих в виде родников, вод и поверхностных водотоков (маленьких ручьев и более крупных, питаемых ими местных речек), а также вод замкнутых водоемов.

Сопоставление химического состава генетически связанных друг с другом категорий вод удобно производить графическим путем в форме особой гидрохимической диаграммы.

На горизонтальной оси последовательно наносятся пункты опробования вод от областей питания к областям местного стока, а на вертикальной оси показывается степень минерализации вод $мг/л$ и содержание ионов в плотном остатке в $мг \cdot экв \cdot процентах$ и значения рН. Анализ графика позволяет выделить определенные гидрохимические поля, характеризующиеся определенным уровнем минерализации вод и состава

растворенных ионов. Если поверхностные водотоки несут механические взвеси, следует составить особый график с показом количества и гранулометрического (если есть анализы) и химического состава частиц твердого стока.

Гидрохимические диаграммы местных ландшафтов позволяют определить участки гидрохимических аномалий, а также изменения состава вод, связанные с явлениями испарительной концентрации, окислительно-восстановительными и щелочно-кислотными условиями. Так, например, на рис. 32 изображена зависимость изменения состава вод, передвигающихся от элювиальных к супераквальным ландшафтам в аридной зоне, где изменение состава вод связано с резким изменением их минерализации, окислительно-восстановительных и щелочно-кислотных условий.

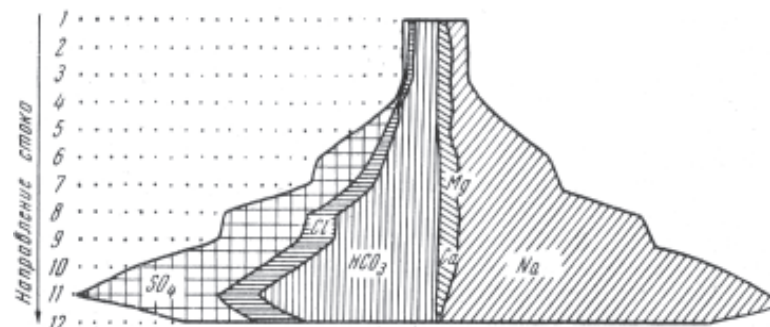


Рис. 32. Гидрохимическая диаграмма системы проточных озер Кулундинской степи (по Е. Н. Ивановой): 1-12 – номера водоемов

Анализ закономерностей формирования химического состава вод местных ландшафтов имеет очень большое практическое значение как для мелиоративной оценки территории, так и особенно при проектировании и строительстве искусственных водоемов, питаемых водами местного стока. Опыт подобных исследований изложен в монографии П.П.Воронкова (1955).

В заключение нужно сказать, что наиболее типоморфными для ландшафта ионами водной миграции являются не те,

которые обладают наибольшей миграционной способностью, а те, миграционная способность которых резко изменяется в различных геохимических обстановках, присущих данному ландшафту, т. е. те ионы, которые слабо выносятся из данного ландшафта с транзитными поверхностными водами и подвергаются местному перераспределению.

Наряду с коэффициентами водной миграции, показывающими степень возможной подвижности ионов, необходимо собирать и соответствующим образом обрабатывать материалы по определению показателей эффективной местной миграции. Так, например, ионы хлора обладают наибольшей миграционной способностью и в зоне пустынь и в тайге, но эта способность может осуществляться или не осуществляться в зависимости от количества воды. В качестве показателя величины эффективной местной миграции элементов можно предложить величину химического стока данного элемента за пределы ландшафта с единицы площади солесборного бассейна. Хлор и сера – типоморфные элементы аридных зон потому, что в этих условиях их эффективная миграционная способность ниже, чем в других зонах. Железо и алюминий, накапливающиеся в остаточной коре выветривания влажных тропиков, типоморфны для элювиальных ландшафтов данной зоны именно в силу своей относительно малой подвижности, в то время как более подвижный кремнезем может быть в значительной мере вынесен за пределы ландшафта.

Вычисление местных кларков элементов для компонентов и ярусов ландшафтов

По мере накопления различного рода анализов, особенно массовых спектральных анализов пород, почв, золы растений и животных, сухих остатков вод, появляется возможность их математической обработки.

Простейшими и эффективными методами обработки материалов являются приемы вариационной статистики. На ос-

новании ее могут быть прежде всего построены вариационные кривые частоты встречаемости тех или иных объектов с опре-

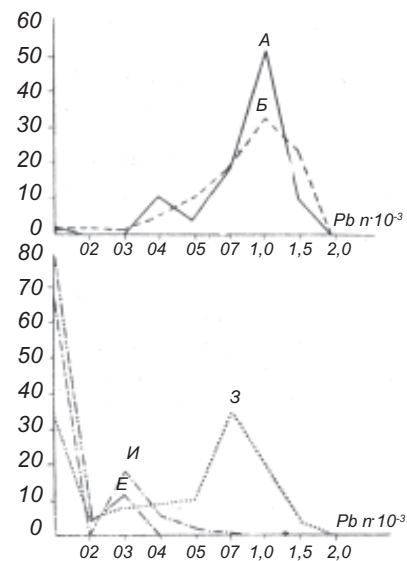


Рис.33. Вариационные кривые содержания свинца в почвах (Средний Урал): А, Б, З, Е, И – индексы ключевых участков

деленными уровнями содержания различных элементов. Для этого на одной из осей координат показывают уровни содержания элементов, а на второй – процент образцов от общего числа проанализированных объектов с тем или иным уровнем содержания элементов. Полученные точки соединяют между собой (рис. 33). Пики на полученных кривых показывают наиболее обычное, модальное содержание элемента в анализируемых объектах. Местный кларк элемента – это его среднее содержание в данном объекте. Если на графике провести линию среднего кларка этого же элемента в литосфере (для пород и почв), гидросфере (для вод) и биосфере (для образцов растений и животных), то можно видеть, насколько местные кларки отклоняются от средних. Сравнения между собой местные кларки и моды элементов в различных объектах, например, сравнивая кривые содержания элементов в почвах или в растениях с местным кларком в породах или наносах, можно легко установить тенденции в концентрации тех или иных элементов в отдельных компонентах и частях ландшафтов. Подобными вариационными кривыми можно при достаточном количестве материала охарактеризовать каждый ярус ландшафта.

Можно произвести и иные объединения: рассчитать, например, средние местные кларки элементов для профиля местных элювиальных фаций в целом; далее произвести подобный же подсчет для супераквальных и затем аквальных фаций. Сравнение их между собой может дать интересные характеристики про вариабельности местных кларков геохимически автономных и подчиненных ландшафтов.

Весьма существенно установить закономерности изменения местных кларков в связи с литологическим составом пород. Установив местные кларки элементов для различных объектов, можно вычислять для различных пар объектов средние элювиально-аккумулятивные коэффициенты. Полученные данные удобно изобразить в форме кривой в системе координат, где на абсциссе показаны различные элементы, а на ординате – значения коэффициентов выноса (меньше 1,0) и аккумуляции (больше 1,0) в изучаемом объекте. Подобный метод изображения относительного выноса и накопления элементов был применен В. В. Добровольским (1959, 1961). Им же был предложен графический метод показа частоты встречаемости микроэлементов в различных объектах местных ландшафтов (рис.34,35).

Нужно заметить, что чувствительность спектрального анализа по отношению к микроэлементам имеет известные пределы. Если элемент содержится в пробе в количестве, лежащем ниже предела чувствительности, он при анализе не обнаруживается. Частота встречаемости элемента в пробах, выраженная в процентах от общего числа проб, является показателем уровня содержания того или иного элемента и широты его распространения в различных объектах ландшафта.

Так, например, растения являются концентраторами многих микроэлементов, и частота встречаемости элементов в растениях может оказаться значительно выше, чем частота встречаемости этих же элементов в породах или почвах. При наших исследованиях, проводимых на Урале в целях геохимических поисков полезных ископаемых, было обнаружено, что частота

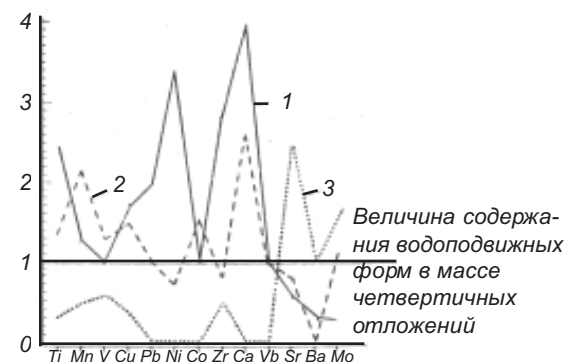


Рис.34. Графики относительного содержания водоподвижных форм в почвах и четвертичных отложениях (по В.В.Добровольскому, 1960): 1 – для гумусового горизонта, 2 – для карбонатного горизонта, 3 – для гипсового горизонта

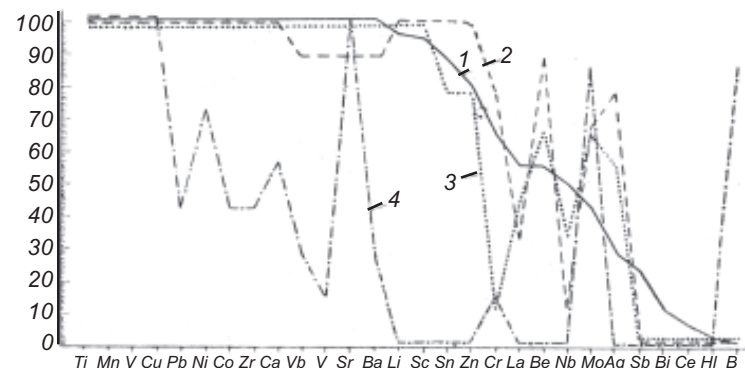


Рис.35. График частоты встречаемости элементов в четвертичных отложениях Прибалхашья (по В.В.Добровольскому, 1960): 1 – общая масса четвертичных отложений, 2 – фракция меньше 0,001; 3 – фракция 0,25-0,5 мм; 4 – сухой остаток водной вытяжки

встречаемости в золе растений серебра, свинца, ванадия значительно больше, чем в почвах или породах.

Статистический метод обработки материалов может быть приложен также и к анализам макроэлементов в случае, если их имеется достаточное количество.

Статистический метод удачен для геохимической характеристики ландшафтов крупных областей и установления общих закономерностей. Он позволяет получить средние характеристики, исключает элемент случайности и должен применяться в самых широких масштабах. Успех его применения зависит от двух обстоятельств: правильной группировки объектов, анализы которых подвергаются статистической обработке, и числа анализов.

Ландшафтно-геохимические карты

Методика составления ландшафтно-геохимических карт достаточно сложна и требует специального подробного рассмотрения. Здесь мы остановимся лишь на некоторых принципиальных вопросах, надеясь посвятить методике ландшафтно-геохимического картирования специальное руководство.

Опыт ландшафтно-геохимического картирования в настоящее время еще очень невелик и относится главным образом к исследованиям геохимии ландшафтов, связанным с разработкой методики геохимических поисков (Глазовская, Макунина, Павленко и др., 1960). Однако этот опыт показывает, что ландшафтно-геохимические карты могут быть двух родов: общими и специальными.

На общей ландшафтно-геохимической карте в соответствии с ее масштабом выделяются контуры различных элементарных или местных ландшафтов (рис. 36).

При ландшафтно-геохимическом картировании нужно соблюдать следующее правило: на карте выделяются все контуры, размеры которых укладываются в масштаб данной карты. На крупномасштабных картах, как показали наши исследования, вполне могут быть выделены контуры отдельных родов и видов элементарных ландшафтов. То или иное сочетание контуров элементарных ландшафтов на таких картах позволяет судить о типах геохимических ландшафтных звеньев и местных ландшафтах.

На среднемасштабных картах контуры отдельных родов и видов элементарных ландшафтов могут быть выделены лишь при их значительных, укладывающихся в масштаб карты размерах или крайней важности этих контуров, когда они показываются с некоторым преувеличением размеров. В большинстве же случаев контуры среднемасштабной карты объединяют комплексы и сочетания элементарных ландшафтов, представляющие отдельные части звеньев местных ландшафтов или местные ландшафты целиком.

При мелкомасштабном ландшафтно-геохимическом картографировании контуры отдельных элементарных ландшафтов обычно в масштабе карты не укладываются. Здесь выделяются преимущественно различные типы местных ландшафтов с выделением из общего контура некоторых особенно существенных частей ландшафтных звеньев (например, контуры сочетаний супераквальных элементарных ландшафтов речных долин). Но, как правило, при уменьшении масштаба и генерализации карты контуры подвергаются объединению. То, что на среднемасштабной карте может быть показано отдельно, например, сочетания элювиальных ландшафтов водоразделов и склонов, на более мелкомасштабной карте проходится объединять в один тип контуров, включающий и автономные и транзитные фации элементарных ландшафтов. Исчезает и ряд супераквальных ландшафтов небольших местных долин; в этом случае контур карты будет представлять сочетание не отдельных частей ландшафтных звеньев, как в предыдущих случаях, а различные роды или виды местных ландшафтов целиком, что найдет отражение и в легенде карты.

Однако все сказанное выше не исключает случая выделения даже на мелкомасштабных картах контуров отдельных элементарных ландшафтов, занимающих большие, укладывающиеся в масштаб карты площади. Например, автономный песчаный ландшафт или автономный супераквальный ландшафт верхового болота.

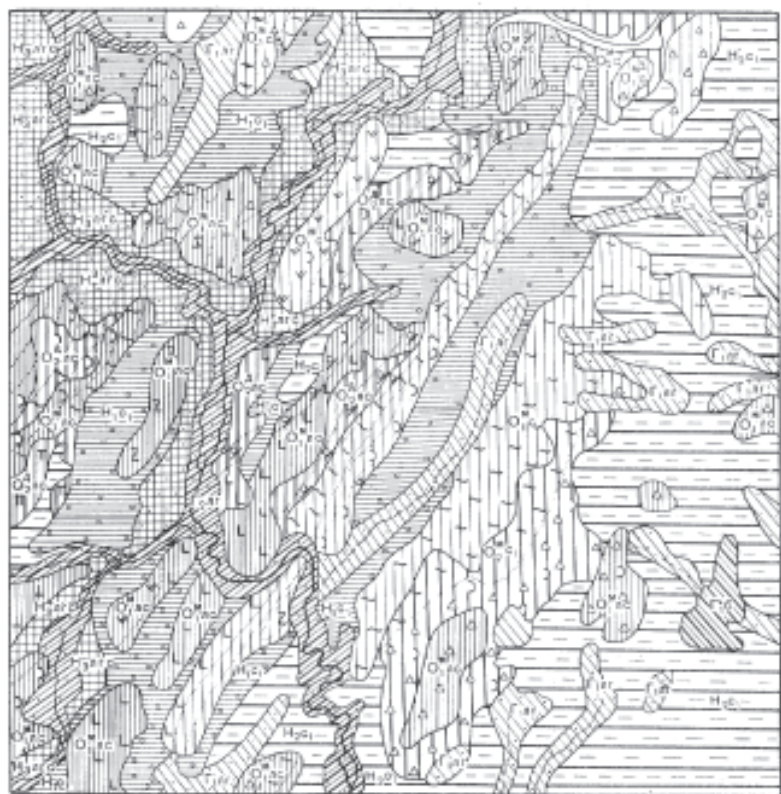


Рис.36. Образец ландшафтно-геохимической карты лесостепной зоны восточного склона Урала.

Орто- и параэлювиальные ландшафты низкогорий и мелкосопочника на молодой маломощной (1-2,5 м) хрящевато-щелковатой обломочной коре выветривания с частыми выходами пород, с механическими преимущественно смещенными вторичными ореолами рассеяния: 1а – березовое мелколесье на серых лесных почвах (глубина опробования 50-100 см); 1б – березовая лесостепь на серых лесных почвах (глубина опробования 50-100 см).

Ортоэлювиальные ландшафты денудационных волнисто-увалистых равнин на древней песчано-глинистой пестроцветной коре выветривания с

преимущественно солевыми остаточными несмещенными вторичными ореолами рассеяния: 2а – лесостепные и вторично остепненные равнины на серых лесных и одернованных серых лесных почвах (глубина опробования 50-100 см).

Неоэлювиальные ландшафты подгорных делювиально-пролювиальных поверхностей с варьирующей мощностью хрящеватых и щелковатых карбонатных суглинков и глин (от 3-4 до 30-40 м) с сильно смещенными механическими поверхностными или солевыми подземными потоками рассеяния: 3а – степные, в большинстве распаханые, равнины на черноземах и выщелоченных черноземах (глубина опробования 50-100 см).

Неоэлювиальные ландшафты молодых аккумулятивных равнин с мощной толщей (20-40 м) тяжелых карбонатных суглинков и глин с преимущественно подземными ореолами и потоками рассеяния 4а – степные равнины, в большинстве распаханые, на черноземах и выщелоченных черноземах. Опробование почв нецелесообразно; 4б – остепненные луга и степи на лугово-черноземных почвах и черноземах (глубина опробования 50-100 см).

Гидроморфные ландшафты замкнутых или слабодренлируемых понижений с различной мощностью рыхлых отложений, близким залеганием к поверхности грунтовых вод, с солевыми аккумулятивными обычно смещенными ореолами рассеяния; 5а – луга частично заболоченные на луговых и лугово-глеявых почвах (глубина опробования 50-100 см).

Гидроморфные ландшафты долин рек, ручьев и временных водотоков с близким залеганием к поверхности и выходом на поверхность вод с механическими и солевыми обычно смещенными потоками рассеяния: 6а – луга, заросли кустарников и поемные леса; 6б – осоково-травяные болота на перегнойно-торфяно-глеявых почвах; 6в – луга, заросли кустарников и леса пойменной террасы на молодых дерново-аллювиальных почвах (опробование илистых прослоев); 7 – ортоэлювиальные лесостепные ландшафты мелкосопочника с участками ортоэлювиальных лесостепных ландшафтов денудационных равнин на древней коре выветривания; 8 – степные и остепненные ортоэлювиальные ландшафты мелкосопочника с участками денудационных степных равнин на древней коре выветривания; 9 – поляковская свита: диабазы, диабазовые порфириды, их туфы, 10 – ирендыкская свита: пироксеновые и диабазовые порфириды, их вулканические брекчи и туфы; П – карамалыташская свита: альбитофиры, кварцевые альбитофиры и их туфы; 12 – улутауская свита: туфы андезито-дацитовых лав; 13 – колтубанская свита: пироксен-плаггиоклазовые порфириды, их туфы и вулканические брекчи; 14 – зилаирская свита: туфогенные песчаники, гравуакки, глинистые сланцы; 15 – шартымские известняки; 16 – делювиальные суглинки и глины; 17 – суглинки смешанного происхождения; 18 – аллювиальные и озерные галечники, пески, супеси, суглинки и глины; 19 – плаггиогранит-порфириды; 20 – границы контуров ландшафтов; 21 – границы геологических контуров.

Может возникнуть вопрос: почему же карта, на которой нет ни одного химического показателя, называется ландшафтно-геохимической, а не просто ландшафтной? Ответить на это можно следующим образом.

На общей ландшафтно-геохимической карте мы не выделяли отдельных типоморфных групп химических элементов, так как само название того или иного типа, подтипа, рода или вида элементарных и местных ландшафтов у нас должно ассоциироваться с определенным вертикальным геохимическим профилем и с определенным типом геохимического сопряжения. Мы показали выше, насколько сложны закономерности распределения геохимических ассоциаций элементов в ландшафтах.

Безнадёжно характеризовать геохимические особенности ландшафта в целом (а, следовательно, и характер взаимосвязей, т.е. существо ландшафта) каким-либо химическим показателем, относящимся к какому-либо ярусу вертикального профиля.

До создания научного почвоведения в России, в период до докучаевского почвоведения, некоторые из западноевропейских агрономов и агрохимиков классифицировали почвы по их химическим свойствам: известковые, железистые, кремневые и т. д. Однако классификация подобного рода, основанная лишь на одном из многочисленных признаков, свойственных почве, была отвергнута самой жизнью.

По мере становления научного почвоведения утвердились представления о типах, подтипах, видах различных почв как определенных природных телах, обладающих совокупностью различных химических, физико-химических, физических свойств, изменяющихся по горизонтам и определяющих столь важное свойство почвы – плодородие.

В геохимии ландшафтов мы также должны ассоциировать название ландшафта и положение его в классификационной системе с определенным геохимическим профилем и типом геохимического сопряжения, т. е. с определенными условиями и результатами миграции вещества в ландшафтах. Геохими-

ческая характеристика контуров карты может быть показана в виде серии специальных геохимических диаграмм, или в виде геохимических индексов.

Зная общие закономерности миграции веществ, т.е. существо геохимических взаимосвязей в ландшафтах, мы можем на основании общих ландшафтно-геохимических классификаций и карт составить ряд специальных классификаций и специальных ландшафтно-геохимических карт с акцентом на те взаимоотношения в ландшафтах и на те их свойства и ассоциации элементов, которые в данном конкретном случае имеют наибольшее значение. На этих специальных картах может найти отражение особая “геохимическая” нагрузка – местные кларки содержания групп практически важных в данном конкретном случае ассоциаций элементов, пути миграции и места аккумуляции элементов.

Так, например, для отдельных территорий Южного Урала на основании общих ландшафтно-геохимических карт были составлены специальные поисковые карты прогноза возможных типов вторичных ореолов рассеяния (рис. 37).

В контурной части карта прогноза типов вторичных ореолов и потоков рассеяния повторяет ландшафтно-геохимическую карту (сравните рис. 36 и 37), но отличается от нее текстом легенды. Здесь непосредственно даны названия возможных для данного контура типов геохимических аномалий и конкретные рекомендации к методике поисков. К карте прогноза прилагается картограмма фоновое содержание металлов в почвах различных ландшафтов (рис. 38).

При наложении выявленных геохимических аномалий на карту прогноза и на картосхему фоновое содержание металлов путем ландшафтно-геохимического анализа дается прогноз возможного местонахождения источника рассеяния элементов. В настоящее время на кафедре геохимии ландшафтов и географии почв МГУ разрабатывают более совершенные способы показа на картах геохимических особенностей ландшафта и готовится специальное руководство.

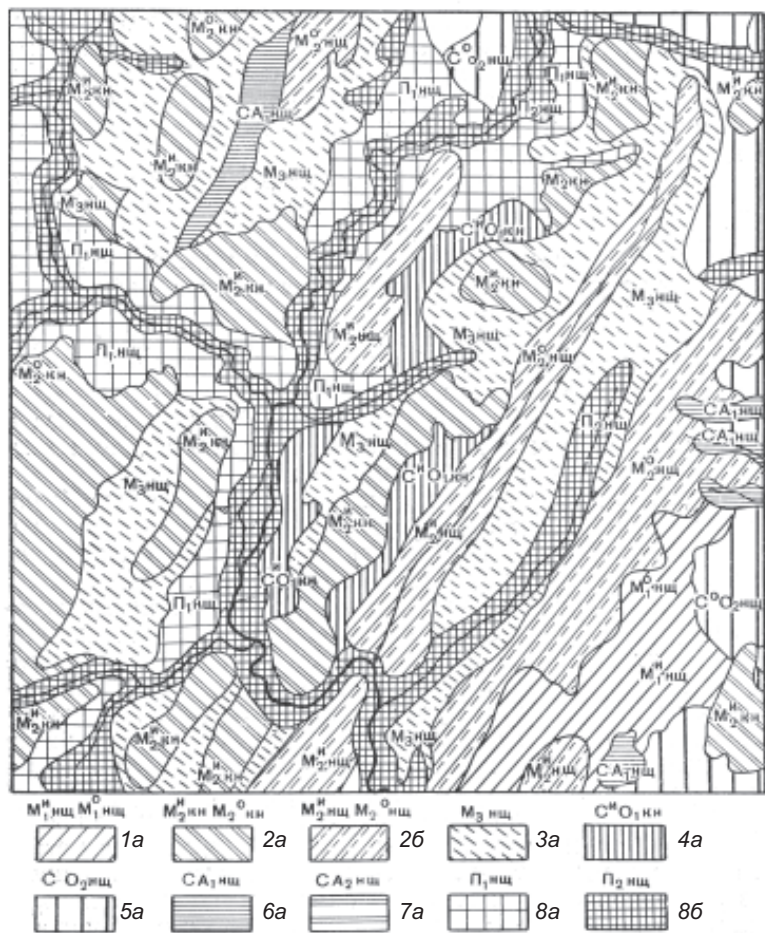


Рис.37. Образец карты типов вторичных ореолов и потоков рассеяния. Механические и солевые остаточные слабосмещенные (на десятки метров) ореолы и потоки рассеяния, формирующиеся в условиях окислительной среды в молодом маломощном (1-5 м) элювио-делювии палеозойских, изверженных (M_1^u) и палеозойских осадочных (M_2^o) пород:

1а – среда нейтральная в горизонте А, щелочная в горизонте В черноземных почв и в карбонатных наносах. Аккумуляция металлов по всему профилю с максимумом в горизонте А (0-40 см) в корнях сон-травы (*Pulsatilla patens*), в стеблях и корне ракутника (*Cytisus ruthenica*), в стеблях и корнях различных полыней (*Artemisia*).

Механические и солевые остаточные смещенные (до 100-200 м) ореолы и потоки рассеяния, формирующиеся в условиях окислительной среды в молодом маломощном (1-2 м) элювио-делювии местного происхождения палеозойских изверженных (M_2^u), метаморфических (M_2^o) и палеозойских осадочных (M_2^o) пород: 2а – среда кислая в почвах, слабокислая в наносах, аккумуляция металлов в горизонте В (50-100 см) подзолистых и серых лесных почв, в коре и ветвях березы (*Betula verrucosa*) в коре и шишках сосны (*Pinus silvestris*) и лиственницы (*Larix sibirica*), в стеблях и корнях вейника (*Calamagrostis epigeias* C. *arundinacea*); 2б – среда кислая в почвах под лесом, нейтральная под степными участками; аккумуляция металлов в горизонте В (50-100 см) серых лесных почв и в горизонте А (0-20 см) черноземовидных маломощных почв, в коре и ветвях березы (*Betula verrucosa*), в стеблях и корнях полыней (*Artemisia*), таволожки (*Spirea crenata*), караганы (*Caragana frutex*) и сон-травы (*Pulsatilla patens*).

Механические и солевые остаточные сильно смещенные (до 1 км и более) ореолы и потоки рассеяния, сформировавшиеся в условиях окислительной среды в сильно варьирующих по мощности (от 3-4 до 30-40 м) пролювиально-делювиальных отложениях дальнего приноса продуктах разрушения палеозойских изверженных и осадочных пород (M_3^o): 3а – среда нейтральная в горизонте А черноземов и щелочная в горизонте В и в наносах. Нечеткая аккумуляция металлов в горизонте В (60-100 см) выщелоченных черноземов, в наносах над современным и древним уровнями грунтовых вод, в полынях (*Artemisia*), в стеблях и корнях культурных злаков.

Солевые остаточные преимущественно несмещенные или слабосмещенные поверхностные и подземные остаточные и аккумулятивные ореолы рассеяния, сформировавшиеся в условиях окислительной среды в древней коре выветривания палеозойских изверженных ($C^u O_1$) и осадочных ($C^o O$) пород, обедненные за счет процессов вторичного выщелачивания: 4а – среда кислая в почвах и в коре выветривания, аккумуляция металлов в горизонте В (50-100 см) серых лесных почв и выщелоченных черноземов, в коре выветривания над древним и современным уровнями грунтовых вод.

Солевые и механические сильно смещенные слабовыраженные преимущественно подземные остаточные и аккумулятивные ореолы и потоки рассеяния, сформировавшиеся в мощных толщах (10-50 м) четвертичных карбонатных суглинков и глин, подстилаемых корой выветривания палеозойских пород: 5а – среда нейтральная в горизонте А и щелочная в горизонте В черноземов и лугово-черноземных почв и в наносах; слабая аккумуляция металлов на глубине 1,5-3,0 м и над горизонтом грунтовых вод (10-15 м).

Солевые аккумулятивные поверхностные в различной степени смещенные ореолы и потоки рассеяния, формирующиеся в наносах и почвах в условиях восстановительно-окислительной среды над близким к поверхности горизонтом грунтовых вод (CA_1): 6а – среда нейтральная или щелочная (в случае четкой геохимической аномалии – кислая), аккумуляция металлов в луговых почвах над горизонтом грунтовых вод (50-100 см) в корнях и стеблях кровохлебки (*Sanguisorba officinalis*), в стеблях и листьях полыницы (*Agrostis alba*).

Солевые аккумулятивные поверхностные в различной степени смещенные ореолы и потоки рассеяния, формирующиеся в почвах и наносах в

условиях преимущественно восстановительной среды (СА₁): 7а – среда слабокислая или нейтральная, местами щелочная, аккумуляция металлов в глеевом горизонте (под торфом) болотных почв.

Солевые и механические поверхностные потоки рассеяния в современной гидрографической сети, формирующиеся в донных отложениях рыхлых наносов и почвах в условиях окислительно-восстановительной среды (П): 8а – нейтральная, или щелочная среда, аккумуляция металлов в глинистых прослоях древнеаллювиальных отложений надпойменных террас; 8б – нейтральная, или щелочная среда, аккумуляция металлов в илистых донных отложениях и глинистом аллювии поймы

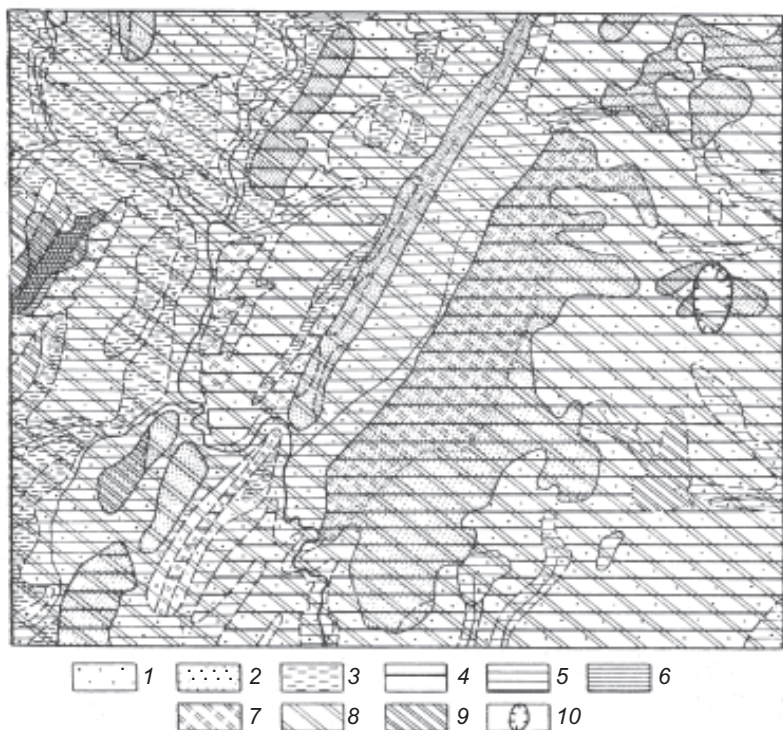


Рис.38. Образец картосхемы фонового содержания металлов в почвах в процентах при встречаемости в 100% проб: 1 – меди от 0.005 до 0.007; 2 – меди от 0.008 до 0.009; 3 – следы никеля; 4 – никеля от 0.001 до 0.003; 5 – никеля от 0.004 до 0.005; 6 – никеля от 0.010 до 0.030; 7 – следы кобальта; 8 – кобальта от 0.001 до 0.002; 9 – кобальта от 0.003 до 0.005; 10 – выявленная геохимическая аномалия

Общая ландшафтно-геохимическая карта может быть использована также для составления специальной производственной агрохимической или сельскохозяйственной ландшафтно-геохимической карты. На ней должен быть показан совершенно иной комплекс элементов и их соединений, чем на специальных поисковых картах. Здесь на первое место выступают элементы и соединения их, участвующие в биологическом кругообороте: на карте должны найти отражение уровни и формы нахождения этих элементов в различных элементарных ландшафтах, необходимые нормы внесения макро- и микроудобрений, щелочно-кислотные условия среды.

На этой специальной карте должна быть оценена геохимическая пестрота и мелкоконтурность ландшафтов, соотношение твердого и жидкого стока, эрозионно опасные территории.

Кроме того, на подобной специальной сельскохозяйственной ландшафтно-геохимической карте получили бы особое отражение местные аккумуляции нужных для культурных растений и животных элементов: запасы известняков, или мергелей, запасы фосфатных кислых удобрений (вивианита), запасы различного рода торфов и сапропелей, местные концентрации микроэлементов, т.е. все те местные ресурсы, которые при их умелом использовании и перераспределении в ландшафтах могут быть источником для повышения продуктивности культурных ландшафтов.

Иную интерпретацию может получить общая ландшафтно-геохимическая карта при необходимости санитарно-курортологической оценки территории. На основании общей карты может быть составлена специальная карта с показом уровней содержания важных для здоровья людей микроэлементов, наличия или отсутствия условий геохимического загрязнения вод и почв, наличия целебных грязей и источников с геохимической оценкой питьевых вод. Методика специальных ландшафтно-геохимических исследований и специального картографирования должна строиться на этой общей базе. Эти специальные методы будут вырабатываться и совершенствоваться по мере расширения сфер применения геохимии ландшафтов для нужд коммунистического строительства.

ЛИТЕРАТУРА

Айдинян Р. Х. Состав золы лугово-степной растительности Каменной степи и его влияние на образование минеральных почвенных коллоидов. Почвоведение, 1954, № 1.

Анненская Г. Н., Видина А. А., Жучкова В. К., Коноваленко В. Г., Мамай И. И., Позднеева М. И., Смирнова Е. Д., Солнцев Н. А., Цесельчук Ю. Н. Морфологическая структура географического ландшафта. МГУ, геофак, лаборатория ландшафтоведения, 1962.

Аринушкина Е. В. Химический анализ почвы. Изд-во МГУ, 1961. Базилевич Н. И. Особенности кругооборота зольных элементов и азота в некоторых почвенно-растительных зонах СССР. "Почвоведение", 1955, № 4.

Базилевич Н. И. Типы засоления природных вод и почв Барабинской низменности. ДАН СССР, 1963, т. 75, № 3.

Белицына Г. Д. и Зырин Н. Г. К методике спектрального анализа почв. Сб. "Роль микроэлементов в сельском хозяйстве". "Тр. Второго межвузовского совещания по микроэлементам". Изд-во МГУ, 1961.

Берг Л. С. Фации, географические аспекты и географические зоны. "Изв. ВГО", 1945, т. 77, вып. 3.

Блинов Л. К. О поступлении морских солей в атмосферу и о значении ветра в солевом балансе Каспийского моря. Тр. ГОИН, 1950, вып. 15 (27).

Блинов Л. К. Геохимия Аральского моря. Гидрометеоздат. Л., 1956.

Бобрицкая М. А. Методика анализа и золы растительности. АН СССР, М., 1969.

Большаков А. Ф. Водный режим мощных черноземов Средне-Русской возвышенности. Изд-во АН СССР, М., 1961.

Боровский В. М., Погребинский М. А. и др. Древняя дельта Сыр-Дарьи и северные Кызыл-Кумы. Изд-во АН КазССР, Алма-Ата, т. 1, 1958; т. 2, 1959.

Боровский В. М. Типы соленакопления в Центральном Туране. "Вести. АН КазССР", 1955, № 9.

Бродский А. А. Гидрохимический метод поисков рудных месторождений. Госгеолтехиздат, М., 1956.

Бродский А. А. Гидрохимический метод поисков рудных месторождений. Госгеолтехиздат, М., 1957.

Васильев Н. С. Водный режим дерново-подзолистых почв под лесом и пашней. Современные почвенные процессы в лесной зоне европейской части СССР. Изд-во АН СССР, М., 1959.

Видина А. А. Методические указания по полевым крупномасштабным ландшафтным исследованиям. МГУ, геогр. ф-т, 1962.

Виноградов А. П. Биогеохимические провинции. "Тр. Юбилейной сессии, посвящая столетию со дня рожд. В. В. Докучаева". Изд-во АН СССР, М., 1949.

Виноградов А. П. Поиски рудных месторождений по растениям и почвам. "Тр. биогеохимической лаборатории АН СССР", 1950, т. 10. Волобуев В. Р. Почвы и климат. Баку, 1953.

Волобуев В. Р. Почвы и климат. Баку, 1953.

Волобуев В. Р. Вопросы энергетики почвообразования. "Докл. сов. почвоведов VII Международному конгрессу почвоведов в США", Изд-во АН СССР, М., 1960.

Воронина А. Ф. и Николаев В. А. Из опыта среднемасштабного ландшафтного картографирования районов освоения целинных и залежных земель Северного Казахстана. "Вести. Моск. ун-та", серия биол., почв., геол., геогр., 1958, № 2.

Воронков П. П. Основные черты формирования режима ионного состава поверхностных вод в условиях Севера. "Тр. ГГИ", 1951, вып. 33 (87).

Воронков П. П. Формирование химического состава поверхностных вод и степной и лесостепной зон Европейской территории СССР. Гидрометеоздат, М., 1955.

Воронков П. П. О некоторых особенностях формирования химического состава озерных вод Северного Казахстана. "Тр. Лаб. озероведения АН СССР", 1958, т. 7.

Высоцкий Г. Н. Режим почвенной влажности грунтовых вод и солей в степных и лесостепных почвогрунтах. Сб. "Водные богатства недр земли", вып. 6. Изд-во Гос. гидрол. ин-та, Л., 1933.

Вопросы индикационной геоботаники под ред. С. В. Викторова. МОИП, М., 1960.

Геоботанические методы при геологических исследованиях. Госгеолтехиздат, М., 1955.

Герасимов И. П., Завалишин А. А. и Иванова Е. Н. Новая схема общей классификации почв СССР. "Почвоведение", 1939, № 7.

Герасимов И. П. и Иванова Е. Н. Процесс континентального соленакопления в почвах, породах, подземных водах, озерах Кулундинской степи (Западная Сибирь). "Тр. Почв. ин-та АН СССР", т. 9, Изд-во АН СССР, Л., 1934.

Гинзбург И. И. Геохимия коры выветривания серпентинитов. "Изв. АН СССР", сер. геол., почв., 1938, № 1.

Гинзбург И. И. и Писемский Г. Ф. Древняя кора выветривания на ультраосновных породах Урала, ч. 1. Изд-во АН СССР, М., 1946.

Гинзбург И. И. Опыт разработки теоретических основ геохимических методов и поисков. Госгеолтехиздат, М., 1957.

Глазовская М. А. Рыхлые продукты выветривания горных пород и первичные почвы в нивальном поясе хребта Терской Алатау. "Тр. Ин-та геогр. АН СССР". Работы Тянь-Шанск. фил. геогр. станции, вып. 2. Изд-во АН СССР, М., 1952.

Глазовская М. А. К истории развития современных природных ландшафтов Внутреннего Тянь-Шаня. "Геогр. исследов. в центр. Тянь-Шане". Изд-во АН СССР, М., 1953.

Глазовская М. А. Методические указания для проведения геохимических поисков медноколчеданных месторождений на Южном Урале по вторичным ореолам и потокам рассеяния. Москва – Уфа, 1960.

Глазовская М. А. Опыт составления ландшафтно-геохимической карты. "Уч. зап. Латв. гос. ун-та им. П. Стучки", геогр. науки, 1960, т. 37, № 14, вып. 7.

Глазовская М. А., Макунина А. А., Павленко И. А., Божко М. Г., Гаврилова И. П. Геохимия ландшафтов и поиски месторождений (на примере Южного Урала). Изд-во МГУ, 1961.

Дзенс-Литовский А. И. Методы комплексного исследования и разведки озерных соляных месторождений. "Тр. ВНИИГ", вып. 34. Госхимиздат, Л., 1957.

Димо Н. А. Наблюдения и исследования по фауне почв. Гос. изд-во Молдавии, Кишинев, 1955.

Добровольский В. В. Микроэлементы в почвообразующих породах Центрально-русской лесостепи. "Почвоведение", 1957, № 5.

Добровольский В. В. К характеристике гипергенеза четвертичных отложений 'Сев. Казахстана. "Геохимия", 1959, № 2.

Добровольский В. В. К минералогии гипергенеза четвертичных отложений Центрально-Русской лесостепи. "Бюл. Моск. о-ва испыт. природы", отд. геол., 1960, т. 35, вып. 4.

Звонкова Т. В. Изучение рельефа в практических целях. Географгиз, М., 1959.

Зонн С. В. Основные проблемы и наиболее важные результаты изучения влияния лесной растительности на почвы. "Докл. сов. почвоведов VII Международному конгрессу почвоведов в США". Изд-во АН СССР, М., 1960.

Зырин Н.Г., Орлов Д. С., Гриндель Н. М. Методические указания межвузовского совещания по микроэлементам в почвах. "Тр. Первого межвузовского совещания по микроэлементам" Изд-во МГУ, 1957.

Инструкция по металлометрической съемке. Госгеолтехиздат, М., 1957, Исаченко А.Г. Основные вопросы физической географии. Изд-во ЛГУ, 1953.

Исаченко А. Г. "Тип местности" в физической географии. "Вестн. ЛГУ", 1960, №12.

Казакова О Н. Из опыта полевых ландшафтных исследований. "Изв. ВГО", 1955, т. 87, вып. 2.

Ковальский В. В. Новые направления и задачи биологической химии сельскохозяйственных животных в связи с изучением биогеохимических провинций. ВАСХНИЛ. Изд-во Мин-ва с. х., М., 1957.

Ковда В. А. Происхождение и режим засоленных почв. Почв. ин-т АН СССР. Изд-во АН СССР, М. – Л., т. 1, 1940; т. 2, 1947.

Ковда В. А. Почвы Прикаспийской низменности (северо-западной части). Почв. ин-т им. Докучаева. Изд-во АН СССР, М. – Л., 1950.

Ковда В. А. Геохимия пустынь СССР Изд-во АН СССР, М., 1954.

Ковда В. А., Якушевская И. В., Тюрюканов А. Т. Микроэлементы в почвах Советского Союза. Изд-во МГУ, 1959.

Кордэ Н. В. Биостратиграфия и типология русских сапропелей. Изд-во АН СССР, М., 1960 (лаборатория лесоведения).

Клер М. М. Приближенный количественный спектральный анализ минерального сырья. Госгеолтехиздат, М., 1959.

Курнаков Н. С. О метаморфизме рассолов Крымских соляных озер. "Сб. избр. работ", т. 2. Изд-во АН СССР, М., 1936.

Ларин И. В. Опыт определения по растительному покрову почв, материнских пород, рельефа, сельскохозяйственных угодий и других элементов ландшафта в средней части Урала. "Тр. о-ва изуч. Казахстана", отд. Естеств. и геогр., 1926, т. 7, вып. 1.

Методы определения микроэлементов в почвах и растениях. Изд-во АН СССР, М., 1958.

Малюга Д. П. Биогеохимические методы поисков рудных месторождений. Геохимические поиски рудных месторождений в СССР. Гос-геолтехиздат, М., 1957.

Николаев В. А. К типологии ландшафтов Тургайской страны. "Вестн. Моск. ун-та", геогр., 1961, вып. 4.

Орлов Д. С. Применение и перспективы использования полярографического метода анализа для изучения микроэлементов в почве. Микроэлементы в сельском хозяйстве. "Тр. Второго вузовского совещания по микроэлементам". Изд-во МГУ, 1961.

Перельман А. И. и Шарков Ю. В. Опыт районирования территории СССР для целей геохимических поисков. Геохимические методы поисков рудных месторождений. Госгеолтехиздат, М., 1956.

Перельман А. И. Процессы миграции солей на равнинах восточной Туркмении и западного Узбекистана в неогене Изд-во АН СССР, М., 1959.

Перельман А. И. Карта геохимических ландшафтов СССР. "Природа", 1960, № 3.

Перельман А. И. и Батулин С. Г. Миграционные ряды элементов в коре выветривания. Изд-во АН СССР, М., 1961.

Перельман А. И. Геохимия ландшафта. Географгиз, М., 1962.

Полынов Б. Б. Ландшафт и почва. "Природа", 1925, № 1-3.

Полынов Б. Б. и Крашенинников П. М. Физико-географические и почвенно-ботанические исследования бассейна реки Убер-Джаргалантэ. Сб. "Сев. Монголия". Изд-во АН СССР, Л., 1926.

Полынов Б. Б. Основы построения генетической классификации почв. Сб. "Задачи и методы почвенных исследований". "Тр. Советск, секции МАП", 1933, т. 2, № 1.

Полынов Б. Б. Кора выветривания, ч. 1. Процессы выветривания. Основные фазы и формы коры выветривания и их распределение. Изд-во АН СССР, Л., 1934.

Полынов Б. Б. Донские пески, их почвы и ландшафты. Сб. "Географические работы". Географгиз, М., 1952.

Полынов Б. Б. Учение о ландшафтах. "Вопр. географии", 1953, сб. 33.

Полынов Б. Б. Геохимические ландшафты. "Избр. труды". Изд-во АН СССР, М., 1956.

Признаки голодания растений. "Сб. статей" (пер. с англ.) под ред. проф. А. В. Петербургского. ИЛ, М., 1957.

Раменский Л. Г. О принципиальных установках, основных понятиях и терминах производственной типологии земель, геоботаники и экологии. "Советская ботаника", 1935, № 4.

Раменский Л. Г., Цаценкин И. А., Чижиков О. Н. и Антипин Н. А. Экологическая оценка кормовых угодий. Сельхозгиз, М., 1956.

Раман К. Г. Опыт классификации и типизации географических ландшафтов как основы для физико-географического районирования. "Уч. зап. Латв. гос. ун-та им. П. Стучки", геогр. науки, 1959, т. 27. Рига.

Ремезов Н. П. О методике изучения биологического кругооборота элементов в лесу. "Почвоведение", 1959, № 1.

Ремезов Н.П., Быкова Л.Н. и Смирнова К.М. Потребление и круговорот азота и зольных элементов в лесах европейской части СССР. Изд-во МГУ, 1959.

Розанов А. Н. Древнее земледелие и эволюция почв. "Докл. советских почвоведов VII Международному конгрессу почвоведов в США". Изд-во АН СССР, 1960.

Роде А.А. Подзолообразовательный процесс. Изд-во АН СССР, Л., 1937.
Роде А.А. Пять лет работы Джаныбекского стационара "Тр. Ин-та леса АН СССР", т. 38. Изд-во АН СССР, М., 1958.

Роде А.А. Методы изучения водного режима почв. Изд-во АН СССР, 1960.

Русанов А. К. Спектральный анализ руд и минералов. Госгеолтехиздат, М., 1948.

Сауков А. А. Геохимия. Госгеолтехиздат, М., 1951.

Скрынникова И. Н. Почвенные растворы южной части лесной зоны и их роль в современных процессах почвообразования. Современные почвенные процессы в лесной зоне европейской части СССР. Изд-во АН СССР, М., 1959.

Смирнов В. И. Зона окисления сульфидных месторождений. Изд-во МГУ, 1951.

Солнцев Н. А. Основные этапы развития ландшафтоведения в нашей стране. "Вопр. географии", 1948, сб. 9.

Солнцев Н. А. О морфологии природного географического ландшафта. "Вопр. географии", 1949, сб. 16.

Соловов А. П. Основы теории и практики металлометрических съемок. Изд-во АН КазССР, Алма-Ата, 1959.

Сукачев В. Н. О соотношении понятия географический ландшафт и биогеоценоз. "Вопр. географии", 1949, сб. 16.

Такыры западной Туркмении. Почв. ин-т АН СССР. Изд-во АН СССР, М., 1956.

Ткалич С. М. Практическое руководство по биогеохимическому методу поисков рудных месторождений. Госгеолтехиздат, М., 1959.

Троицкий А. И. Обмен минеральных веществ между почвой и растительностью. "Пробл. сов. почвоведения", 1949, сб. 15.

Цыцарин Г. В. Солевой состав природных вод Западного Прикаспия. "Тр. Прикаспийской экспед.", т. 3. Изд-во МГУ, 1958.

Щербина В. В. К геохимии зоны окисления рудных месторождений. "Сов. геология", 1955, сб. 43.

Щербина В. В. Комплексные соединения и перенос химических элементов в зоне гипергенеза. "Геохимия", 1956, № 5.

Ярилова Е. А. и Парфенова Е. П. Новообразованные минералы глин в почвах. "Почвоведение", 1957, № 9.

ПОСЛЕСЛОВИЕ

(спустя 40 лет)

Несмотря на некоторые сомнения в целесообразности переиздания книги, написанной много лет тому назад, я все же согласилась на это и написала к ней послесловие, в котором попыталась оценить степень соответствия содержания книги современному состоянию методологических и методических проблем геохимии ландшафтов.

Понятие и термин "геохимические ландшафты", введенные в почвоведение и географию Б.Б.Полыновым (1944-46 гг.), стали известны широкому кругу географов, почвоведов, геологов после опубликования им сборника "Географические работы" (1952).

В эти годы деканом географического факультета МГУ был профессор, впоследствии академик, К.К.Марков. При переезде в 1953 г. в новое здание МГУ на Ленинских горах К.К.Марков получил возможность осуществить свои планы реконструкции факультета, расширения учебной базы и пополнения педагогического состава. Для заведования кафедрами и чтения лекций был приглашен из Москвы и других городов ряд известных профессоров, а также и более молодых ученых, зарекомендовавших себя в различных областях географии. Среди последних были ученики Б.Б.Полынова, прошедшие под его руководством аспирантуру и докторантуру: Александр Ильич Перельман – доктор геолого-минералогических наук – на кафедру физической географии СССР, и я – почвовед, доктор географических наук – на кафедру географии почв (впоследствии – кафедра геохимии ландшафтов и географии почв).

В 1951 г. А.И.Перельман начал читать на географическом факультете лекции по геохимии ландшафтов. Их содержание послужило основой книги “Очерки геохимии ландшафта”, опубликованной в 1956 г., а 6 лет спустя издается монография А.И.Перельмана “Геохимия ландшафта” (1962).

В 1960 г. в журнале “Природа” была опубликована карта геохимических ландшафтов СССР А.И.Перельмана.

Статус книги “Геохимические основы типологии и методики исследования природных ландшафтов” как учебного пособия по геохимии ландшафтов для географических факультетов университетов обязывал, с одной стороны, сохранить преемственность с разработанным профессором А.И.Перельманом общим курсом “Геохимии ландшафтов”, а с другой стороны показать ее самую тесную связь с ландшафтоведением и всем физико-географическим циклом наук: геоморфологией, палеогеографией и четвертичной геологией, гидрологией, биогеографией (особенно с учением о биогеоценозах) и почвоведением.

Свою задачу я видела, во-первых, в том, чтобы возможно конкретнее и доходчивее изложить основную идею Б.Б.Польнова о ландшафтах как биокосных геосистемах, функционирующих в координатах пространства-времени, и показать возможность использования ландшафтно-геохимических методов при изучении различных природных и природно-антропогенных геосистем.

В определенной мере это, по-видимому, удалось. Системные ландшафтно-геохимические исследования стали развиваться уже в 50-60-х годах не только на кафедрах физической географии СССР и географии почв и геохимии ландшафтов, но и на кафедре общей физической географии и палеогеографии как один из “сквозных” (по терминологии К.К.Маркова) методов изучения четвертичных отложений.

Во-вторых, мне представлялось весьма важным показать географам, специализирующимся по геохимии ландшафтов, необходимость активного использования при ландшафтно-геохимических исследованиях и специальном картографировании методов отраслевых физико-географических дисциплин – геоморфологии, палеогеографии, биогеоценологии.

Методологической основой любой естественной науки является классификация объектов исследования. Для столь молодой науки, как геохимия ландшафтов, в первое десятилетие ее оформления в самостоятельную отрасль физической географии можно было говорить лишь об основах геохимической типологии ландшафтов. Принципам типологии элементарных ландшафтов и местных (геохимических) ландшафтов, выделенных Б.Б.Польновым в качестве основных объектов ландшафтно-геохимических исследований, посвящена первая часть учебного пособия “Геохимические основы...”.

В книге, при описании объектов исследования сохранены понятия и термины – элементарный и геохимический ландшафт, предложенные Б.Б.Польновым, использованные и дополненные А.И.Перельманом в “Очерках геохимии ландшафта”. Одновременно мне представлялось существенным, по мере необходимости, использовать в качестве синонимов названия морфологических структурных единиц, утвердившихся в ландшафтоведении. В частности, в качестве синонима “элементарного ландшафта” был использован термин “ландшафтная фация” (правильнее было бы – “ландшафтно-геохимическая фация”); вместо термина “геохимический ландшафт” в тексте чаще использован как синоним термин “местный ландшафт”. Однако эти замены в специальных ландшафтно-геохимических исследованиях и публикациях – не привились.

В монументальном учебном пособии “Геохимия ландшафта” (Перельман, Касимов, 1999) сохранен ряд, как пишут авторы, “неудачных терминов”. Они справедливо отмечают, что это в естественных науках – широко распространенное явление и суть дела не в самом термине, а в строгом и точном определении самого научного понятия и столь же строгом его применении. К сожалению, в ландшафтоведении и в том числе в геохимии ландшафтов в понимании одного и того же термина существуют разночтения. К их числу относится и такой широко используемый в геохимии ландшафтов термин, как “элементарный ландшафт”.

Опыт Ф.И.Козловского (1970), использовавшего теорию случайных функций для выделения почвенных индивидуумов

и элементарных неделимых ячеек ландшафта (ЭЯЛ), в геохимии ландшафтов практически пока остался не востребуемым. Он используется в почвоведении для выделения педонов и полипедонов.

При обсуждении принципов геохимической типологии природных ландшафтов и критериев выделения типологических единиц различного таксономического ранга я исходила из представлений В.И.Вернадского о существовании в биосфере “биокосных” тел природы. Как природные, так и природно-техногенные ландшафты, наряду с почвами, были отнесены В.И.Вернадским к особому классу биокосных тел. При их изучении, классификации и техногенных воздействиях необходимо учитывать в равной степени, с одной стороны, воздействие на все ландшафтно-геохимические процессы живого вещества как ныне присутствующего, так и действовавшего на всем протяжении истории развития данного ландшафта; с другой стороны, не менее важно учитывать как в прошлом, так и в настоящее время воздействие на функционирование, тип и активность живого вещества всей совокупности абиогенных, литологических, гидротермических и других факторов, контролирующих, с одной стороны, все составляющие биологического кругооборота химических элементов, а именно: биомассу и продуктивность, их химический состав и скорость биологического кругооборота веществ, а с другой стороны, определяющих направление и скорость собственно абиогенных физических, физико-химических и химических процессов.

В соответствии с изложенными выше принципами была разработана приведенная в книге типология природных элементарных и местных ландшафтов.

Геохимическая типология элементарных ландшафтов построена от начала до конца на единой основе – соотношении биологического и геологического кругооборотов элементов, емкость и скорость которых контролируются гидротермическими, геоморфологическими, литологическими, гидрологическими факторами, характером, интенсивностью и продолжительностью техногенного воздействия. Следуя Б.Б.Полынову,

вся совокупность элементарных ландшафтов разделена на 3 группы: элювиальные, супераквальные и аквальные. В пределах названных трех групп были выделены типы, подтипы, классы, подклассы и роды ландшафтов. Критерии выделения таксономических единиц в группе элементарных элювиальных ландшафтов приведены в пособии (табл. 7). В серии таблиц (3-6) приводятся параметры выделения таксономических единиц элементарных элювиальных ландшафтов различного ранга. В типологии элементарных супераквальных (надводных) и аквальных ландшафтов при выделении типов ландшафтов учитывалось происхождение вод, их окислительно-восстановительный режим. Подтипы были выделены по степени геохимической автономности и подчиненности; классы – по характеру минерализации вод, связанной с геохимическими особенностями солесборных бассейнов, роды – по геохимической истории (см. табл. 9). Эти факторы в различных сочетаниях друг с другом определяют биопродуктивность, емкость и скорость биологического круговорота элементов и его соотношение с абиотическим (геологическим) круговоротом.

Приведенная в книге геохимическая типология элементарных ландшафтов, использованная нами в дальнейшем при составлении среднемасштабных ландшафтно-геохимических карт, значительно отличается по своей основе и критериям выделения типологических единиц различного ранга от геохимической классификации ландшафтов, разработанной А.И.Перельманом еще в 50-е годы и сохранившейся в своей основе в последней книге “Геохимия ландшафта” (1999).

В основу геохимической классификации ландшафтов А.И.Перельман положил принцип В.И.Вернадского о ведущей роли живого вещества в процессах миграции элементов в биосфере. Рассматривая ландшафты суши Земли как ядро биосферных взаимодействий (как фитосферу), А.И.Перельман выделил таксономические единицы геохимической классификации ландшафтов высокого ранга, а именно: 1) группы, 2) типы, 3) отделы, 4) семейства - по соотношению двух параметров биологического круговорота элементов - биомассе (Б) и ежегод-

ной продукции (П). Вся совокупность биогенных ландшафтов была разделена на 5 групп: лесная, степная лугово-саванная, тундровая, пустынная, примитивно-пустынная.

По величине ежегодной продукции и значениям коэффициента K ($K = \lg \Pi / \lg B$) группы разделяются на типы, например, влажно-тропические, широколиственно-лесные, таежные и др. Типы, в свою очередь, разделяются на отделы по изменению продуктивности, связанной со степенью континентальности климата; в пределах отделов выделяются семейства, которым в пространстве отвечают подзоны, различающиеся также по уровням продуктивности, например, “северная, средняя, южная тайга”. Лишь на 5-ом таксономическом уровне в пределах семейств выделяются классы ландшафтов по особенностям водной миграции элементов, но только в горизонте А почв (кислый, кислый глеевый и т.д.).

На самом низком уровне – 6-ом и 7-ом классификационной лестницы в пределах классов по особенностям миграции, определяемой рельефом, выделяются роды ландшафтов: элювиальный, супераквальный и субаквальный, которые в свою очередь разделяются на виды в связи с различиями горных пород, например, виды ландшафтов на диабазе, красноцвете, лессах и т.д.

Нетрудно заметить, что в рассматриваемой системе 3 таксономических уровня – типы, отделы, семейства геохимических ландшафтов представляют, прежде всего, понятия биогеографические – это зоны, сектора и подзоны карты растительности мира. Собственно ландшафтно-геохимическая классификация ландшафтов осуществляется в пределах семейств при выделении классов, родов и видов ландшафтов. В этой части классификации, несмотря на некоторые различия в номенклатуре таксономических единиц между геохимической классификацией А.И.Перельмана и предложенной мной геохимической типологией элементарных ландшафтов, существует определенное сходство.

При обосновании критериев выделения типологических единиц местных ландшафтов главное внимание в “Геохимических основах типологии...” было уделено характеристике

геохимической структуры ландшафтов, связанной с генезисом и характером форм мезо- и микрорельефа. Рассмотрено значение путей и форм местной водной миграции химических элементов, выделено 12 главных типов ландшафтно-геохимических сопряжений, показаны причины локализации в местных ландшафтах различных типов геохимических барьеров. В результате была разработана типология местных ландшафтов и определены критерии выделения таксономических единиц различного ранга (табл. 18). Эти типы сопряжений были впоследствии использованы Н.С.Касимовым при классификации катен (Касимов, Перельман, 1992)

Из всех характеристик местных ландшафтов наиболее важна их *миграционная геохимическая структура*. Она определяется путями и формами миграции веществ в системе геохимически автономных и подчиненных элементарных ландшафтов и типами геохимических барьеров. Нам представляется в связи с этим заслуживающими внимания и дальнейшего развития разработанные Ф.И.Козловским математические модели миграционной структуры элементарных и местных ландшафтов (1972), а также введенное им понятие об элементарных региональных геосистемных процессах (ЭГЛ), охватывающих почвенный покров местных ландшафтов в пределах водо- и солесборных бассейнов (1991).

Моделирование (физическое и математическое) процессов в ландшафтно-геохимических системах малого водосборного бассейна на основании результатов стационарных исследований было осуществлено В.В.Сысуевым (1986).

В разделе о типологии местных ландшафтов в книге был введен термин “ландшафтные звенья” как составные части местного ландшафта. Ландшафтное звено представляет ряды элементарных ландшафтов, сменяющих друг друга от местных водоразделов к местным депрессиям рельефа. В зависимости от крутизны, экспозиции, формы и протяженности склонов состав и соотношение элементарных ландшафтов, образующих звенья, различны (как, например, на степных склонах северной и южной экспозиции).

Термин “ландшафтные звенья”, как закономерно повторяющиеся в пространстве структурные составные части местных ландшафтов, остался в учебной и научной литературе неиспользованным. Для обозначения единичной серии геохимически сопряженных по элементам рельефа элементарных ландшафтов был введен весьма удачный, заимствованный из географии почв термин “катена”. Его можно использовать и для обозначения структуры местного ландшафта, введя понятие о “катенарной структуре” ландшафта (простой и сложной – моно- и полициклической и т.д.).

Надо заметить, что критерии выделения типологических единиц местных ландшафтов самого низкого ранга (см. табл. 18), благодаря трудам В.М.Фридланда, стали предметом специальных почвенно-географических исследований и картографии почв. В 1972 г. была опубликована фундаментальная монография В.М.Фридланда “Структура почвенного покрова”. Разработанная им классификация комбинаций почв по элементам мезорельефа была использована в нашей совместной работе при составлении учебной почвенной карты Мира для Высшей школы (масштаб 1 : 15 000 000, 1998).

В статье, посвященной памяти В.М.Фридланда (Глазовская, 1998), при обсуждении предложенной им классификации мезоструктур почвенного покрова, я на основании теории каскадных ландшафтно-геохимических систем попыталась показать на ряде примеров значение соотношения процессов механической и водно-химической миграции в формировании геохимической структуры местных ландшафтов в пределах бассейнов стока различных порядков и в различных биоклиматических условиях. Общая концепция каскадных ландшафтно-геохимических систем и их типология изложены в книге “Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР” (Глазовская, 1988).

В статьях, опубликованных автором пособия в период 1998-2000 гг. на основании данных о твердом и химическом стоке горно-равнинных рек Средней Азии и Северного Кавказа, показаны возможности использования концепции каскадных ландшафтно-геохимических систем при анализе законо-

мерностей миграции, рассеяния и концентрации элементов в водо- и солесборных бассейнах обширных регионов.

В целом разработанная нами классификация местных ландшафтов в ландшафтно-геохимических исследованиях и при составлении крупно- и среднемасштабных ландшафтно-геохимических карт использовалась лишь частично. Применение она нашла в почвоведении при картографировании почв сельскохозяйственных угодий (Сорокина, 1995) и при разработке концепции адаптивного ландшафтного земледелия (Кирюшин, 1999).

В разделах пособия, посвященных методам полевых ландшафтно-геохимических исследований и способам обработки данных, значительное место отведено рекомендациям и указаниям к подготовке и методике проведения полевых ландшафтно-геохимических исследований. Особое внимание было уделено методике описания вертикального профиля ландшафтов, включая все его ярусы (до горизонта грунтовых вод) и отбору образцов почв, пород, вод, растительного материала для последующих анализов. Возможно, многие рекомендации в настоящее время (36 лет спустя после написания книги) покажутся наивными и устаревшими. В отношении этого раздела нам представляется необходимым дать некоторые пояснения.

Рекомендованная в рассматриваемом пособии методика детального морфогенетического анализа почв, коры выветривания, рыхлых отложений отнюдь не устарела. Ее можно рекомендовать и в настоящее время. Напомним, что ее суть заключается в отдельном изучении, описании и графическом изображении отдельных морфологических свойств почвы, ее физических свойств, гранулометрического состава и некоторых физико-химических и химических свойств, определяемых в полевых условиях. Образец подобного “развернутого” описания разрезов почв и рыхлых отложений приведен в книге (рис. 22). Смысл подобного изучения изменения каждого из названных свойств по всему вертикальному профилю почв и пород заключается в объективизации выделения в изучаемой толще горизонтов и подгоризонтов, определений границ между ними и центральной части каждого горизонта, наиболее резко от-

личающейся от соседних горизонтов по совокупности свойств. В отличие от обычных почвенных описаний, где прежде всего выделяются по ряду признаков горизонты (цвет, плотность, структура, гранулометрический состава), в рекомендуемой методике процессу выделения горизонтов предшествует детальная фиксация изменения в изучаемой толще каждого из рассматриваемых свойств почв. Рекомендуемый “аналитический” подход к изучению морфологии почвенно-грунтовой толщи значительно объективизирует и делает более рациональным отбор образцов для анализов.

При полевых исследованиях необходимо учитывать, что в морфогенетическом вертикальном и латеральном профилях элементарных и местных ландшафтов записана в виде различного рода новообразований как геохимическая история, так и многие современные процессы функционирования ландшафтов как биокосных систем. Поэтому особое значение должен иметь квалифицированный макро-, мезо- и микроморфогенетический анализ вертикального и латерального профиля ландшафтов, включая все ярусы. Необходим также квалифицированный и “адресный” отбор образцов для анализов. При этом важно не ограничиваться “средними пробами” по ярусам и горизонтам, а отобрать все морфологически видимые новообразования. Примером детального морфогенетического анализа почв и почвообразующих пород в глубоких разрезах дерново-подзолистых почв являются исследования В.О.Таргульяна и др. (1968, 1974), его учеников и сотрудников Лаборатории географии и эволюции почв Института географии РАН (Бронникова, 1999).

Существенно устарели рекомендуемые в пособии методы определения свойств и вещественного состава (рН, Eh, легкорастворимые соли, карбонаты, гипс и др.) компонентов ландшафта.

Современные портативные приборы позволяют выполнять большой спектр химических анализов природных компонентов в полевых и стационарных условиях.

Все современные инструментальные методы анализа имеют компьютерное обеспечение, что позволяет повысить точность выполняемых анализов и общую производительность работ.

Отсутствие в те годы компьютерной техники, естественно, весьма ограничивало возможности графического изображения результатов обработки данных анализов, в частности, возможности перехода от “профильного” к “блочному”, объемному изображению картины распределения химических элементов в вертикальном и латеральном профиле ландшафта и т.д.

Практика ландшафтно-геохимических исследований в последние десятилетия показала, что комплекс полевых исследований, предусмотренных в книге, выполняется целиком лишь в отдельных случаях, преимущественно при изучении современных процессов миграции химических элементов в природных и природно-техногенных ландшафтах в стационарных условиях. Примерами таких исследований может служить изучение миграции элементов-органогенов в биогеоценозах Барабинской лесостепи (Базилевич, Титлянова и др., 1976, 1983); динамики степных геосистем в Забайкалье (Снытко и др., 1978), природных и природно-техногенных ландшафтов в горно-лесных геосистемах в Сихотэ-Алине (Елпатьевский, Аржанова, 1990-1993); многолетние исследования техногенных ландшафтов, загрязненных при добыче каменного угля и нефти, проводимые под руководством Н.П.Солнцевой (1981-1999), и некоторые другие.

Чаще, при сборе полевых материалов для химических анализов предусматривается геохимическая характеристика отдельных подсистем элементарных ландшафтов (почва – порода, почва – грунтовые воды, почва – зольный состав растений доминантов – их опада и подстилок и т.д.) или характеристика геохимически сопряженных рядов ландшафтных фаций, представляющих ландшафтно-геохимические катены – структурные единицы местных геохимических ландшафтов.

В пособии “Геохимические основы типологии...” значительное внимание уделено методике расчетов ряда геохимических коэффициентов и условиям их корректного использования – это элювиально-аккумулятивные коэффициенты выноса и накопления химических элементов в почвах, коре вы-

ветривания и рыхлых отложениях, коэффициенты биологического поглощения элементов наземной растительностью и коэффициенты их водной миграции. Этот раздел сохранил актуальность и в настоящее время, так как в отношении каждого из названных коэффициентов указываются обязательные условия отбора материала для химических анализов и рассматриваются объективные и субъективные причины недостаточной информативности расчетных данных.

Для расчетов элювиально-аккумулятивных коэффициентов обязательным условием при отборе проб для анализа должна быть уверенность, что изучаемая толща (почвы или породы) была исходно литологически однородной. В этом случае выявленные с помощью элювиально-аккумулятивных коэффициентов вынос и накопление ассоциации химических элементов обязаны радиальной или латеральной транслокации подвижных в данных условиях компонентов.

Генезис текстурного горизонта (Vt) во многих почвах равнин на суглинистых отложениях (подзолистых, дерново-подзолистых, серых лесных, оподзоленных или лессивированных буроземов) часто является предметом дискуссий. Наряду со сторонниками иллювиальной природы этого горизонта, многие почвоведы объясняют его присутствие двучленностью покровных отложений. Используемый в почвенной литературе термин “почвы с текстурно-дифференцированным профилем” – результат компромисса различных точек зрения. К элювиально-иллювиальным коэффициентам распределения илистой фракции и связанных с ней макроэлементов почвоведы относятся с большой осторожностью. При расчетах в почвах элювиально-иллювиальных коэффициентов микроэлементов проблема литологической неоднородности почвенной толщи, как правило, не обсуждается, за эталон принимается содержание микроэлементов в горизонте С, что методически далеко не всегда обосновано, особенно при расчете элювиально-аккумулятивных коэффициентов по данным только валового анализа.

Широкое распространение в рыхлых континентальных отложениях погребенных почв, древних горизонтов гидроген-

ной аккумуляции легкорастворимых солей, гипса, карбонатов, гидроокислов железа, марганца, наряду с текстурной неоднородностью пород, полностью исключает возможность расчета элювиально-аккумулятивных коэффициентов в большинстве равнинных ландшафтов.

В качестве альтернативы элювиально-аккумулятивных коэффициентов мы предлагали (Глазовская, Касимов, 1989) ввести в практику ландшафтно-геохимических исследований два рода понятий: 1 – понятие о *радиальной и латеральной ландшафтно-геохимической контрастности (РЛК и ЛЛК)*. Показатели (коэффициенты) геохимической контрастности рассчитываются на основании статистической обработки уже имеющихся и вновь получаемых данных определений валового содержания (а при наличии данных и содержания подвижных форм) в горизонтах и ярусах радиального профиля элементарных ландшафтов и в их сопряженных по рельефу катенарных рядах. В качестве эталона, по отношению к которому рассчитываются коэффициенты радиальной и латеральной контрастности, принимается среднее содержание элемента в изучаемой толще. В зависимости от степени отклонения от среднего содержания данного элемента и их совокупности выделяются слабо-, средне- и сильно контрастные горизонты и ярусы ландшафта. 2 – *понятие о типоморфных ассоциациях элементов, рассеивающихся и накапливающихся в разных горизонтах и ярусах изучаемой толщи*. Основанием для их выделения являются значения коэффициентов контрастности и коэффициентов множественной корреляции рассматриваемой группы элементов. Опыт подобных расчетов был впервые осуществлен при изучении вторичных ореолов рассеяния рудных элементов (Солнцева, 1969).

Понятие о *типоморфных ассоциациях элементов*, как будет показано далее, может быть использовано для характеристики *геохимической структуры ландшафта*.

При современных возможностях химико-аналитической и вычислительной техники может быть рекомендован комплекс рациональных показателей и расчетов, позволяющих с значи-

тельно большей определенностью судить о генетической природе неоднородностей вещественного состава изучаемых объектов. Уже имеются отдельные примеры применения многофакторного регрессионного анализа к обработке данных определения подвижных металлов в почвах (Касимов, Кошелева, Самонова, 1995).

Применение полного рационального анализа предполагает последовательное извлечение из образца почвы или породы различных по степени подвижности форм соединений химических элементов. Можно рекомендовать, например, следующий ряд определений свойств и вещественного состава в каждом анализируемом образце: 1 – объемной массы; 2 – гранулометрического состава с отдельным определением удельной поверхности твердых частиц на единицу объема; 3 – серию последовательных вытяжек – водную или спиртовую, нейтральную солевую, кислотную, щелочную с определением в каждой не только минеральных компонентов, но и углерода органических веществ. Результаты анализов каждой вытяжки рекомендуется представлять в двух вариантах – в весовых единицах на единицу объемной массы и на единицу удельной поверхности. Возможны и другие варианты рационального анализа для выявления форм нахождения элементов в анализируемом образце почвы или породы.

Совокупность данных рационального анализа позволяет выявить в каждом подвергнутом анализам образце: 1 – ассоциации химических элементов, их соединений и комплексов различной степени подвижности и тесноту их связи с поверхностью твердых частиц; 2 – определить потенциальную активность суммарной удельной поверхности твердых частиц и ее реальную активность - долю участия в химических и физико-химических сорбционных и обменных процессах; 3 – получить представление о реальной емкости сорбционных физико-химических барьеров.

Серии названных выше показателей, характеризующие генетические горизонты и ярусы и сопряженные по элементам рельефа катенарные ряды элементарных ландшафтов, могут

служить основой генетического анализа радиальной и латеральной дифференциации вещественного состава и соответственно геохимической структуры ландшафта. Это позволяет подойти к пониманию доли участия в формировании геохимической структуры *литогенной основы ландшафта и вторичных, по отношению к ней, процессов внутриландшафтной транслокации химических элементов* в истинных растворах, коллоидных взвесах и суспензиях.

О коэффициентах биологического поглощения элементов (стр. 184-186) и значительной условности расчетных данных в “Геохимических основах...” говорится недостаточно. Приведенные примеры исследований Б.Б.Полынова и его учеников процессов выветривания и первичного почвообразования на изверженных породах при участии литофильной растительности представляют классические образцы изучения первичного цикла биологического поглощения элементов в системе литофильные лишайники – скальная изверженная порода. О значительной условности коэффициентов биологического поглощения во вторичных биогеохимических циклах в системе почва – растения на рыхлых отложениях, уже подвергавшихся и неоднократно воздействию биоты, в книге упоминается в связи с критической статьей Б.Б.Полынова о возможных ошибках интерпретации данных валовых анализов почв и при расчетах элювиально-аккумулятивных коэффициентов. В равной степени это относится и к расчетам коэффициентов биологического поглощения (A_x), когда берется отношение содержания элемента в золе растений к их содержанию в почвенной толще. Верхние гумусовые почвенные горизонты, к которым приурочена основная масса корней, уже обогащены по отношению к породе элементами-органогенами и элементами активного захвата, находящимися в более подвижных формах и поэтому более доступных растениям, чем в нижних горизонтах почвы и в породе (куда проникают лишь единичные корни). Так как активный биологический кругооборот элементов идет в *системе растения – верхние горизонты почв*, в существующей практике расчетов (зола растений – почвообразующая

порода или почвенная толща в целом) получают несколько искаженные ряды биологического поглощения. К этой систематической ошибке прибавляется другая, связанная с существенными различиями зольности и химического состава золы в различных органах растений, в различные сезонные фенофазы, а для многолетников - деревьев и кустарников и с возрастными различиями. Кроме того, в практике ландшафтно-геохимических исследований при изучении преимущественно микрокомпонентного состава зольных элементов часто ограничиваются отбором для анализа лишь надземных частей растений-доминантов. Поэтому обширный, полученный при ландшафтно-геохимических исследованиях опубликованный фактический материал – интересный сам по себе, не отвечает цели исследований – получению достоверных данных для расчета коэффициентов биологического поглощения и выявления роли растительного покрова в биогеохимических циклах миграции и аккумуляции химических элементов в ландшафтах. На общем фоне работ с указанными выше недостатками особую ценность имеют стационарные и полустационарные биогеоценологические исследования в природных и техногенных ландшафтах, в которых, наряду с анализами золы отдельных видов и органов растений, приводятся данные о массе и химическом составе ежегодного наземного, а в единичных случаях и корневого опада, а также массе и составе химических элементов, поступающих с атмосферными осадками, после прохождения их через растительный покров в условиях нормального и аэрогеохимического фона и аэротехногенного загрязнения (Аржанова, Елпатьевский, 1989-2000; Лукина, Никонов, 1996; Лукина, 1998). Масса опада и масса выщелачиваемых из наземной части живых растений элементов – это два достаточно универсальных интегральных показателя, которые могут быть использованы для качественной оценки поступающего в почву биогенного потока химических элементов.

Показателями скорости этих процессов являются предложенные Л.Е. Родиным и Н.И.Базилевич (1967) “опадо-подстилочные коэффициенты”. Столь же информативны данные об

изменении массы и химического состава опада по мере превращения его в подстилки, грубогумусовые или дерновые горизонты почв. Приняв содержание элементов в единице массы опада в качестве эталона, можно по отношению к нему рассчитать коэффициенты выщелачивания и остаточного накопления химических элементов по мере его гумификации и минерализации. Для опада и отдельных подгоризонтов подстилок и грубогумусовых горизонтов должны быть выделены *типоморфные геохимические ассоциации элементов*. В свою очередь, они могут служить *эталоном “биогенности” типоморфных ассоциаций элементов в генетических горизонтах* почв и пород (выявленных в результате рекомендованных выше рациональных анализов).

Итак, вместо весьма условных коэффициентов и рядов “биологического поглощения” мы рекомендуем *при региональных ландшафтно-геохимических исследованиях* использовать *ряды типоморфных для данного ландшафта биолитогенных ассоциаций химических элементов*, сформировавшихся в радиальном профиле отдельных элементарных ландшафтов, и в катенарных геохимически сопряженных рядах.

На возможные методологические ошибки при расчетах коэффициентов водной миграции химических элементов имеются указания в тексте рассматриваемого пособия (стр. 187-191). Там же даются рекомендации, как их избежать при региональных исследованиях. Большинство рекомендаций сохраняют свое значение и в настоящее время, так как в ландшафтно-геохимических исследованиях они используются редко. Отметим наиболее существенные, по нашему мнению, отклонения от рекомендуемых в книге методических указаний:

1. При отборе проб речных вод не учитываются сезонные различия в их минерализации и химическом составе. Анализы вод при их одноразовом опробовании, без учета гидрографических и гидрохимических данных о сезонных изменениях водного и гидрохимического стока не позволяют судить о химизме различных генетических категорий вод, участвующих в поверхностном стоке: дождевых, талых, снеговых, почвенно-по-

верхностных и внутрипочвенных, почвенно-грунтовых и грунтовых водах. В отношении изучения категории грунтовых вод при оценке загрязнения земель можно рекомендовать специальное методическое руководство¹.

2. Расчеты коэффициентов водной миграции по данным среднего состава ионного стока рек данного региона в большинстве работ обычно относятся к кларкам элементов в литосфере. Как известно, кларки литосферы рассчитаны по отношению к породам литосферы Земли, а не к зоне окисления и дренирования ее ландшафтной оболочки, где формируется в основном химический состав вод поверхностного ионного стока.

Естественно, что подобные расчеты повторяют в основном установленные в свое время Б.Б.Полыновым и А.И.Перельманом ряды подвижности и коэффициенты водной миграции химических элементов для суши в целом и мало информативны для выявления генезиса и особенностей миграционной геохимической структуры изучаемого конкретного ландшафта.

В рекомендациях к обработке аналитических данных такие показатели, как “типоморфные элементы”, “типоморфные ассоциации элементов” даются на “элементном” уровне.

В одной из своих монографий А.И.Перельман определил геохимию ландшафта как науку, изучающую ландшафт на атомарном уровне. Действительно, атом или, вернее, элемент – удобная универсальная единица для измерения и сравнения сходства и различия отдельных объектов (как единая “валюта”). Однако в реальности исследователь имеет дело с ионами, но обычно – с молекулами, их сложными комплексами и химическими соединениями. Современные тенденции геохимии ландшафта – это переход от “элементного” уровня исследований к изучению поведения в ландшафтах сложных минеральных, органоминеральных и органических природных и техногенных веществ. Это полициклические углеводороды, нефть, пестициды, несимметричный диметил-гидразин и др. Приме-

¹ Методическое руководство по оценке загрязнения земель. Ч.1. Мин-природы республики Татарстан, Казань, 1996, 321 с.

ром является существование при кафедре геохимии ландшафтов и географии почв географического факультета МГУ специальных лабораторий – “Углеродистых веществ биосферы” (руководитель – профессор А.Н.Геннадиев), “Экологической безопасности” (руководитель – профессор Н.С.Касимов), “Почвенно-геохимических исследований” (руководитель – доктор географических наук Н.П.Солнцева).

Изучение геохимии сложных органических и органо-минеральных комплексов и соединений в природных и техногенных ландшафтах – одно из перспективных направлений развития теории геохимии ландшафта и ее использования в различных областях практической деятельности.

О методике изучения техногенных ландшафтов в рассматриваемой книге упоминается лишь в общей форме. Эта область стала основным направлением ландшафтно-геохимических исследований в последней четверти 20-го века и в настоящее время. Достигнутые в этом направлении успехи, методические находки и теоретические обобщения, а также задачи последующих исследований в этом направлении обстоятельно изложены в учебном пособии А.И.Перельмана и Н.С.Касимова “Геохимия ландшафта”.

Ближайшая задача – это обобщение уже имеющегося опыта изучения геохимии ландшафта не только на элементном, но и на химическом “процессном” уровне и составление ряда методических пособий, отвечающих задачам исследований и современному уровню технических возможностей

В конце методической части книги рассмотрен имевшийся к тому времени (50-60-е годы прошлого века) опыт составления среднемасштабных и обзорных ландшафтно-геохимических карт.

Приведенная выше система типологии элементарных ландшафтов и их сочетаний по элементам мезорельефа была использована при составлении среднемасштабных ландшафтно-геохимических карт Среднего и Южного Урала, составленных для целей геохимических поисков полезных ископаемых (1964). Контурная часть карты получена на основании геологической, гео-

морфологической и почвенной карт данного региона, откорректированных по материалам ландшафтных полевых исследований и обработки аэрофотоматериалов. Вся геохимическая информация приводилась в легенде карты и в виде диаграмм, характеризующих содержание тяжелых металлов в различных ярусах элементарных ландшафтов в опаде и подстилках, золе растений, почвах, породах, грунтовых водах и в виде “геохимических решеток” матриц, показывающих изменение содержания металлов в геохимически сопряженных фациях местных ландшафтов.

В конце 80-х годов в Институте географии Сибирского отделения АН СССР на основании ландшафтно-геохимического анализа геосистем КАТЭКа (Канско-Ачинского топливно-энергетического комплекса) были составлены среднemasштабные ландшафтно-геохимические карты как основа организации рационального природопользования и охраны среды от химического загрязнения (Снытко и др., 1987). Так же, как и для Уральской ландшафтно-геохимической карты, контурной основой послужила ландшафтная карта; она использована для составления ландшафтно-оценочной и ландшафтно-геохимической карт одного из участков КАТЭКа. На ландшафтно-геохимической карте дана характеристика ландшафтно-геохимических территориальных систем. На карте приводятся: геохимическая формула ландшафта, контрастность автономных и подчиненных геосистем, преобладающие барьеры, направления и интенсивность водной миграции и качественная оценка устойчивости к техногенному загрязнению.

Опыт обзорного мелкомасштабного ландшафтно-геохимического картографирования был весьма ограничен и относился лишь к территории СССР. Первая и единственная ландшафтно-геохимическая карта всей территории страны, составленная А.И.Перельманом (в масштабе 1 : 20 000 000), была опубликована в Физико-географическом атласе мира (1964).

Геохимическая информация была дана в легенде карты (классы водной миграции) и в виде геохимических формул ландшафтов, помещенных непосредственно на контурах карты, где указывались типоморфные, дефицитные и избыточные химичес-

кие элементы. В оформлении карты была отражена иерархия таксонов: типы и семейства – цветом, классы – штриховкой, роды – интенсивностью цвета, виды – символами. При наименовании видов использовались местные географические названия.

В 80-х годах на географическом факультете МГУ доцентом кафедры геохимии ландшафтов и географии почв И.П.Гавриловой был разработан курс лекций “Ландшафтно-геохимическое картографирование” и написано специальное пособие (1985), в котором был проанализирован и обобщен имевшийся к этому времени опыт составления почвенно-геохимических и ландшафтно-геохимических карт, дается их классификация. Особое внимание в нем уделяется выбору выносимых на карты геохимических показателей, излагается методика их составления, дается представление об общих и прикладных картах ландшафтно-геохимического районирования по условиям гипергенной миграции элементов. Тираж пособия был очень невелик – 400 экз., оно быстро разошлось и практически не поступало в продажу.

В последние 15 лет почвенно-ландшафтно-геохимическое картографирование стало активно развиваться в области создания специальных эколого-геохимических карт. Этот опыт также требует анализа и обобщения, поэтому второе издание методического руководства по созданию общих и специальных ландшафтно-геохимических карт с использованием современных технических возможностей представляется одной из задач ближайшего времени.

После длительного перерыва в области мелкомасштабного ландшафтно-геохимического картографирования в конце 80-х годов М.А.Глазовской была разработана и составлена карта “Геохимические ландшафты” масштаба 1: 60 000 000, опубликованная в ряду других природных карт в 1-ом томе Атласа ПСЕРМ (1998). Карта сопровождается краткой пояснительной запиской.

В связи с ограниченным количеством экземпляров атласа ПСЕРМ, имеющих лишь в некоторых научных и учебных центрах России, мы сочли возможным в послесловии к книге

“Геохимические основы типологии и методики исследования природных ландшафтов” кратко рассмотреть содержание названной ландшафтно-геохимической карты и принципы ее составления.

Карта Мира “Геохимические ландшафты” была составлена впервые. На карте показаны типы геохимических ландшафтов, объединенные в легенде карты в геохимические ассоциации, семейства и классы. В основу выделения типологических единиц положены классификации геохимических ландшафтов, разработанные А.И.Перельманом и М.А.Глазовской (табл. 1).

Таблица 1

Таксономические единицы классификации геохимических ландшафтов и критерии их выделения, принятые при составлении карты “Геохимические ландшафты” ПСЕРМ

| Ранг | Названия таксономических единиц | Критерии выделения |
|------|-------------------------------------|--|
| I | Ряды ландшафтов | Форма движения материи, определяющая геохимические черты ландшафта (физическая, химическая, биологическая). Выделяются ряды ландшафтов: абиогенные, ограниченно-биогенные, биогенные |
| II | Геохимические ассоциации ландшафтов | Выделяются в пределах каждого ряда ландшафтов по соотношению биогеохимического и атмогидрохимического круговорота веществ |
| III | Семейства ландшафтов | Выделяются в пределах геохимических ассоциаций по типам и емкости биогеохимического круговорота, показателями которых являются тип растительности и биопродуктивность |
| IV | Классы ландшафтов | Выделяются в пределах семейств по типоморфным элементам и ионам водной миграции в почвах и различных категориях природных вод |
| V | Типы ландшафтов | Выделяются в пределах классов в соответствии с основными ландшафтно-геохимическими процессами, проявляющимися в геохимической структуре и морфологии ландшафтов |
| VI | Роды ландшафтов | Выделяются в пределах типов по соотношению водной и механической миграции и степени сохранности геохимических реликтов |

В ряду биогенных ландшафтов выделяются 3 сообщества ландшафтов, не имеющие таксономического значения, но позволяющие охарактеризовать сезонную динамику биогеохимического круговорота – это ландшафты бореальные и суббореальные, где биогенез ослаблен в холодный зимний период; субтропические и тропические с биогенезом, ограниченным в сухой жаркий период, и ландшафты влажно-субтропические, тропические и экваториальные с круглогодичным биогенезом.

В пределах названных рядов и сообществ геохимических ландшафтов выделяются следующие геохимические ассоциации по соотношению биогеохимического и абиотического (атмогидрохимического) круговорота элементов: 1) криофитных и гигрофитных элювиальных ландшафтов с отрицательным атмогидрохимическим балансом легкоподвижных, подвижных и очень слабой транслокацией малоподвижных элементов; 2) гигро- и мезофитных гумидных элювиальных, гиперэлювиальных и глееэлювиальных ландшафтов с а) отрицательным атмогидрохимическим балансом легкоподвижных и подвижных элементов; б) местной транслокацией и аккумуляцией на биогеохимических, окислительных и восстановительных барьерах малоподвижных элементов; 3) мезо- и ксерофитных субаридных элювиально-аккумулятивных ландшафтов с а) отрицательным атмогидрохимическим балансом легкоподвижных элементов; б) местной транслокацией и аккумуляцией на сорбционных, термодинамических, биогеохимических и испарительных барьерах подвижных и в) слабой транслокацией малоподвижных элементов; 4) ксерофитных и галофитных аридных ландшафтов с положительным атмогидрохимическим балансом подвижных и легкоподвижных элементов, их местной транслокацией и аккумуляцией на испарительных барьерах.

Принадлежность выделенных на карте ландшафтов к определенной геохимической ассоциации нашла отражение в компоновке легенды карты.

Ландшафты, принадлежащие одной геохимической ассоциации, разделяются по уровням биопродуктивности на семейства. Масштаб карты и степень генерализации ее контуров

позволили выделить группы семейств со следующими уровнями биопродуктивности (т/га в год сухой биомассы – 0-1,5; 1,5-4,0; 4-8; 8-15; 15-30, > 30). Одна геохимическая ассоциация включает, как правило, несколько семейств. Так, например, в пределах геохимической ассоциации гумидных элювиальных и глееэлювиальных ландшафтов выделяются семейства: таежных и болотных ландшафтов с биопродуктивностью 4-8 т/га в год органического вещества; лесных и влажно-луговых с биопродуктивностью 8-15 т/га в год; в ассоциации влажно-лесных субтропических и тропических ландшафтов выделяются семейства с биопродуктивностью 15-30 т/га и более 30 т/га в год. Подразделение ландшафтов на семейства нашло отражение в легенде карты.

В пределах семейств выделяются классы ландшафтов по типоморфным элементам и ионам водной миграции. Так, например, в семействе таежных ландшафтов выделяются ландшафты кислого хелювиального (Н – Ch – Fe²⁺, Al) и кислого глеехелювиального (Н – Ch – Fe³⁺, Al) классов; в семействе степных и лугово-степных ландшафтов выделены классы кальциевых (Ca-HCO₃) и кальциево-натриевых (содовых) ландшафтов (Ca- Na-HCO₃-Si) и т.д. Индексы типоморфных ландшафтов данного класса элементов приведены в легенде.

Ландшафты, принадлежащие к одному классу, включают ряд типов ландшафтов, различающихся по комплексу и соотношению основных ландшафтно-геохимических процессов, информацию о которых несут различного рода органические, органоминеральные и минеральные новообразования на поверхности и в толще почв, коры выветривания, в рыхлых отложениях, в современных донных осадках местных водоемов. При выделении типов ландшафтов учитывались следующие ландшафтно-геохимические процессы: детритогенез, хелатогенез, гуматогенез, алюмосиликатогенез, оксидогенез, опалогенез, кальцитогенез, галогенез, глеегенез, сульфидогенез (Глазовская, 1988).

В легенде карты геохимическая характеристика ландшафтов дается, во-первых, в номенклатуре и химических индексах классов водной миграции, во-вторых, она введена в номенклатуру типов ландшафтов и указывает на основные, главные

для данного ландшафта, названные выше процессы, например, таежные хелювиальные, болотные детрит-аккумулятивные, степные кальцит-аккумулятивные и т.д.

В названиях ландшафтов сделана попытка отразить в определенной мере остаточное или активное проявление того или иного ландшафтно-геохимического процесса. Если в ландшафтах имеются морфологические признаки процессов, которые могут идти как в современных биоклиматических и геоморфологических условиях, так и быть свидетелями процессов, проходивших в прошлом, то в названиях ландшафтов вводится определение “морфный”. Оно вводится в том случае, если процесс проявляется в морфологических признаках ландшафта, но не сопровождается заметной концентрацией типоморфных для данного класса ландшафтов химических элементов на определенных геохимических барьерах. Так, например, термин “оксидоморфный” говорит о фоновом оксидогенезе, проявляющемся в “покраснении” (рубefикации) продуктов выветривания и почв; термин “глееморфный” свидетельствует о широком распространении восстановительных процессов в почвах и породах и рассеянных формах восстановленных соединений железа; “галоморфный” – о всеобщем засолении пород, почв, вод, выделении кристаллов солей на поверхности и внутри тканей растений, насыщенности солями приземных слоев атмосферы и т.д.

Для ландшафтов, где “фоновые” геохимические процессы не соответствуют современным условиям и явно являются реликтовыми, вводится определение “остаточный”, остаточный оксидоморфный, остаточно-глееморфный и т.д.

Если результатом ландшафтно-геохимических процессов является локальное накопление элементов на геохимических барьерах в форме различных новообразований, в определениях ландшафтов вводятся понятия “аккумулятивный” при достаточной уверенности, что процесс продолжается и в настоящее время, или “носный”, если процесс ослаблен или протекал в прошлом, и признаки его представляют геохимический реликт. Так, например, в таежной зоне накопление торфа – активный процесс всего голоцена, продолжающийся и в настоящее вре-

мя, поэтому болотные ландшафты этой зоны могут называться “детритакумулятивными”. В тундровой зоне скопления торфа имеют реликтовый характер, они свидетельствуют об иных, более мягких климатических условиях в прошлом. Подобные ландшафты получили название “детритоносных”.

На карте в соответствии с разрешающей способностью ее масштаба (1:60 000 000) удалось выделить контуры 66-ти наиболее широко распространенных типов ландшафтов, показанных красочным фоном и обозначенных порядковым номером в легенде и контурах карты.

Типы ландшафтов разделяются на роды ландшафтов. Соотношение процессов водной и механической миграции и степень сохранности геохимических реликтов, являющихся критериями выделения родов ландшафтов, тесно связаны с типами рельефа и процессами аэральской и флювиальной аккумуляции твердого материала. Это нашло отражение на карте путем показа условий рельефа (горы, нагорья и высокие плато, денудационно-аккумулятивные и цокольные равнины, аккумулятивные равнины) и некоторых процессов аккумуляции рыхлых отложений, омолаживающих геохимическую структуру ландшафтов и стирающих, наряду с денудацией, реликтовые геохимические черты. Это аккумуляция вулканических пеплов, золовой пыли и современного аллювия.

Легенда карты состоит из 3-х частей. Первая и главная часть легенды – “ландшафты” – представлена в матричной форме. В заголовках матрицы по горизонтали выделяются основные ряды и геохимические ассоциации абиогенных и биогенных ландшафтов с указанием на климатические факторы, исключают или ограничивающие процессы биогенеза и определяющие господство тех или иных растительных формаций, по вертикали – уровни биопродуктивности. В указанных координатах размещены внутри матрицы типы ландшафтов по принадлежности их к определенным геохимическим ассоциациям, семействам и классам водной миграции.

Вторая часть легенды – “условия рельефа и геохимические реликты” – также имеет форму матрицы. В горизонталь-

ном ряду ландшафты объединяются по принадлежности к различным геоморфологическим уровням рельефа, с чем связаны мощность зоны окисления и дренирования (т.е. мощность современных геохимических ландшафтов), соотношение механической и химической денудации и аккумуляции, степень участия ландшафтов литоморфных, т.е. с близким залеганием и выходами на поверхность изверженных и плотных осадочных пород (орто- и параэлювиальные ландшафты) и ландшафтов на рыхлых отложениях (неоэлювиальных, супераквальных). Заголовки вертикального ряда матрицы объединяют роды ландшафтов по наличию или отсутствию геохимических палеоклиматогенных и палеогидрогенных реликтов.

Третья – небольшая часть легенды – “Процессы синлитогенеза” – включает перечень процессов аэральской и флювиальной аккумуляции рыхлых отложений. Информация, относящаяся к характеристике родов ландшафтов и синлитогенных процессов, дана на карте в виде одноцветных штриховок и знаков, равномерно распределенных по красочному фону карты.

Четвертый раздел легенды – “Ландшафтно-геохимические ресурсы” – включает перечень основных типов месторождений, генезис которых связан с аккумуляцией полезных компонентов в результате ландшафтно-геохимических процессов. Это месторождения торфа, сапропеля, диатомита, различных руд – железо-марганцевых, бокситовых, никелевых, а также соляные месторождения, связанные с недавними и современными процессами континентального соленакопления. На карте цветными знаками показаны местоположение и вещественный состав месторождений. Полезные компоненты месторождения обозначаются, кроме того, индексами химических элементов, поставленными рядом со значком.

На территориях, где широко распространены скопления ландшафтно-геохимических ресурсов определенного типа и состава, цветные значки равномерно распределены по всему полю контуров ландшафтов.

Мелкомасштабная ландшафтно-геохимическая карта имеет научно-справочный характер. Заложена в ней информация

позволяет выявить основные географические закономерности в распространении геохимических ландшафтов, оценить значение биоклиматических, литолого-геоморфологических и палеогеографических факторов в развитии и формах проявления основных ландшафтно-геохимических процессов. Данные о классах водной миграции химических элементов в различных типах и ассоциациях ландшафтов несут информацию о современных условиях миграции химических элементов и могут быть использованы для общей оценки тенденции развития ландшафтов.

Карта может быть использована для прогноза опасности загрязнения ландшафтов в результате техногенного воздействия; в ней заложена информация о геохимической структуре ландшафтов, проявляющейся в накоплении ряда макроэлементов и их соединений, представляющих геохимические барьеры для токсичных органических и минеральных веществ, в том числе токсичных микроэлементов. Таким образом, карта является научной основой для эколого-геохимической оценки территории и прогноза опасности ее ухудшения при химическом загрязнении. Она может служить основой районирования (в совокупности с картой модулей техногенного давления и другими материалами, характеризующими уровни техногенного воздействия) для целей охраны среды.

Пока имеется лишь ограниченный опыт ландшафтно-геохимического районирования с учетом природного ландшафтно-геохимического фона, соотношения бассейнов региональной воздушной и водной миграции и модулей техногенного воздействия основных, участвующих в техногенных потоках химических элементов в границах СССР (Глазовская, Глазовский, 1989). Для сравнения приводятся данные о модулях техногенного давления химических элементов и в некоторых странах Западной Европы

Приведенные материалы показывают, что техногенному воздействию в большей или меньшей мере подвержена вся рассматриваемая территория от тундры до пустыни, особенно усиливающемуся в густо населенных регионах. Эти материалы свидетельствуют, что объектами геохимического изучения при ре-

гиональных исследованиях должны быть природно-экономические районы и локализованные в их пределах в соответствии с бассейнами водного стока и атмосферного переноса природно-техногенные геосистемы – геохимические поля, концентры и арены рассеяния и накопления химических элементов.

Для изучения геохимической структуры этих объектов, формирующейся в результате воздействия не только природных, но и социально-экономических законов, требуется разработка специальных методов исследований, отбор информативных показателей, создание особого понятийного аппарата по отношению к глобальной и региональным природно-техногенным системам ландшафтной сферы Земли.

По-видимому, это будет новая наука, значительно отличающаяся от “классической” геохимии ландшафта 20-го века, в которой последовательный геосистемный подход разработан лишь для двух уровней ландшафтно-геохимических систем – элементарных и местных природных и природно-техногенных ландшафтов.

Уже осознанная необходимость исследования более высоких уровней пространственно-временной организации природно-техногенных геосистем, по всей вероятности, послужит импульсом развития особой науки – Геохимии антропогеосферы. На рубеже 20-го и 21-го веков мы являемся свидетелями самого начального этапа становления этой новой области знания о взаимодействии природных и социально-экономических законов в формировании среды обитания и деятельности человечества.

Идея переиздания этой книги принадлежит сотрудникам кафедры геохимии ландшафтов и географии почв географического факультета МГУ и ее заведующему профессору Н.С.Касимову. Автор выражает искреннюю признательность Зинаиде Сергеевне Игнатовой за помощь в подготовке к изданию электронного варианта этой книги.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|-------------------|---|
| Предисловие | 5 |
| Введение | 7 |

Часть первая

| | |
|----------------------------|----|
| Объекты исследования | 12 |
| Общие замечания | 12 |

Г л а в а I

| | |
|--|----|
| <i>Элементарные ландшафты, или фации</i> | 14 |
| Определение понятия “элементарный ландшафт” (или фация) | 14 |
| Три основные группы элементарных ландшафтов по Б. Б. Польшину ... | 17 |
| Дополнительные группы элементарных ландшафтов, или фаций | 23 |
| Мощность и вертикальный геохимический профиль элементарных ландшафтов | 28 |
| Факторы расчленения вертикального геохимического профиля элювиальных ландшафтов | 33 |
| Характер и амплитуда биологического кругооборота веществ | 34 |
| Мощность зоны выщелачивания и ее соотношение с другими ярусами элементарных ландшафтов | 36 |
| Скорость геохимических процессов | 41 |
| Принципы классификации элементарных элювиальных ландшафтов ... | 44 |
| Типы и подтипы элементарных элювиальных ландшафтов | 46 |
| Классы и подклассы элементарных элювиальных ландшафтов | 53 |
| Геохимическая история ландшафтов | 59 |
| Принципы классификации элементарных супераквальных и субаквальных ландшафтов | 65 |
| Ландшафты, измененные в результате хозяйственной деятельности человека | 78 |

Г л а в а II

| | |
|--|-----|
| <i>Местные ландшафты, или местности и принципы их типологии</i> | 81 |
| Определение понятий “ландшафтное звено” и “местный ландшафт”, структура ландшафта, простые и сложные, одноступенчатые и многоступенчатые местные ландшафты | 81 |
| Индексы местных ландшафтов | 87 |
| Мощность и степень горизонтального расчленения местных ландшафтов | 91 |
| Размеры, форма и соотношение контуров фации и контуров ландшафтных звеньев, слагающих местные ландшафты | 94 |
| Тип доминирующих фаций | 104 |
| Типы геохимических сопряжений в местных ландшафтах | 108 |
| Пути и формы миграции химических элементов | 110 |
| Геохимические барьеры и геохимические ассоциации элементов | 118 |

| | |
|---|-----|
| Геохимические решетки и геохимические диаграммы местных и элементарных ландшафтов | 125 |
| Геохимическая контрастность местных ландшафтов | 133 |
| Основные принципы типологии местных ландшафтов | 147 |

Часть вторая

| | |
|---------------------------|-----|
| Методы исследования | 160 |
|---------------------------|-----|

Г л а в а III

| | |
|---|-----|
| <i>Подготовка к полевым ландшафтно-геохимическим исследованиям и проведение их</i> | 163 |
| Подготовка к полевым исследованиям | 164 |
| Изучение общегеографических карт и подготовка топографической основы | 164 |
| Изучение материалов специальных карт | 166 |
| Полевые ландшафтно-геохимические исследования | 170 |
| Маршрутные исследования | 171 |
| Исследования на ключевых ландшафтно-геохимических профилях | 175 |
| Описание растительности на основных точках ландшафтно-геохимического профиля и сбор образцов для анализов | 182 |
| Учет деятельности землероев | 186 |
| Описание вертикального профиля элементарных ландшафтов на основных разрезах | 186 |
| Описание местных водоемов | 201 |
| Работа на дополнительных точках | 203 |
| Современные геохимические процессы и стационарные ландшафтно-геохимические исследования | 206 |

Г л а в а IV

| | |
|--|-----|
| <i>Обработка материалов полевых исследований</i> | 211 |
| Составление плана аналитических работ | 211 |
| Способы обработки аналитических данных. Геохимические показатели . | 215 |
| Количество и характер распределения элементов | 215 |
| Миграционные коэффициенты и миграционные ряды | 224 |
| Элювиально-аккумулятивные коэффициенты и ряды выноса и накопления | 225 |
| Ряды биологического поглощения | 230 |
| Миграционная способность элементов. Коэффициенты и ряды водной миграции | 233 |
| Вычисление местных кларков элементов для компонентов и ярусов ландшафтов | 238 |
| Ландшафтно-геохимические карты | 242 |
| Литература | 252 |
| Послесловие | 257 |

Мария Альфредовна Глазовская

Геохимические основы типологии и методики
исследований природных ландшафтов

Компьютерная верстка Ольховатого А.А.

ЛР № 066744 от 08.07.1999 г.

ISBN 5-93520-013-9

Подписано в печать 21.11.2001. Формат 60×90 1/16.

Бумага офс. №1. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 18. Тираж 400 экз.

Издательство “Ойкумена”, Смоленск
214030, г. Смоленск, ул. Нормандии-Неман, 6-77.

Тел.: (0812) 64-27-58.

oesumene@sci.smolensk.ru

Качество печати соответствует качеству
представленного оригинал-макета

Отпечатано в ГУП ордена “Знак почета”
типография им. В.И.Смирнова.

214000, г. Смоленск, пр-т Гагарина, 2.

Тел.: (08122) 3-46-20