

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ВОЛОГОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**А.С. НОВОСЁЛОВ**

# **ЧЕТВЕРТИЧНАЯ ГЕОЛОГИЯ**

***Курс лекций***

*Утверждено редакционно-издательским советом ВоГТУ*

**ВОЛОГДА  
2013**

УДК 551.794(075.8)  
ББК 26.323.272  
Н 78

***Рецензенты:***

доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник,  
заведующий Вологодской региональной лабораторией  
Северного НИИ лесного хозяйства **Н.А. Дружинин**  
кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой  
городского кадастра и геодезии ВоГТУ **А.В. Белый**

**Новосёлов, А.С.**

**Н78 Четвертичная геология:** курс лекций / А.С. Новосёлов. – Вологда:  
ВоГТУ, 2013. – 108 с.

Курс лекций по дисциплине «*Четвертичная геология*» составлен в соответствии с рабочей программой и требованиями государственного образовательного стандарта высшего образования РФ. Теоретический курс состоит из девяти лекций (в объёме 18 часов лекционных занятий) и материала для дополнительного изучения.

Раскрываются основные положения по терминологии и особенностям отложений четвертичного периода геологического времени, экзогенный рельеф континентов, геоморфология морских побережий, специфика болотных отложений, а также кратко охарактеризован рельеф Вологодской области. Дополнительно приведены сведения о видах полезных ископаемых, приуроченных к четвертичным накоплениям.

Курс лекций предназначен для студентов факультета экологии, обучающихся по направлению бакалавриата **022000.62 – «Экология и природопользование»** очного и заочного отделений, а также будет полезен для написания отчёта по полевой геологической практике, выполнения курсовых и выпускных квалификационных работ.

УДК 551.794(075.8)  
ББК 26.323.272

© А.С. Новосёлов, 2013  
© ВоГТУ, 2013

## Введение

Четвертичный, или антропогенный период – самый молодой, продолжающийся и сейчас этап геологической истории планеты. С ним связаны такие значительные события в жизни Земли, как резкие колебания климата, возникновение грандиозных ледниковых покровов на материках северного полушария, сильные колебания уровня Мирового океана, быстрый рост горных хребтов и образование покрова континентальных отложений на всей территории суши. С четвертичным периодом связано возникновение современной географической среды – рельефа, растительности и животного мира. Самое яркое событие этого периода – формирование человека и развитие человеческого общества.

Изучением геологической истории и стратиграфии отложений четвертичного периода занимается четвертичная геология, или, точнее – геология четвертичной системы (антропогена).

Четвертичная геология представляет собой раздел исторической геологии – её последнюю ступень. Но отложения и вся история четвертичного периода настолько специфичны, что раздел этот уже давно выделился в самостоятельную научную дисциплину. Это обособление связано, прежде всего, с особенностями четвертичного периода, резко отличающегося от всех предшествующих периодов, которые потребовали разработки новых своеобразных методов исследования и породили свои научные проблемы и задачи.

Главнейшее значение в обособлении геологии четвертичных отложений состоит в изучении этих отложений с точки зрения практической деятельности человека. Решение важных народнохозяйственных задач выдвинуло четвертичную геологию за последние пятьдесят лет в разряд самостоятельных дисциплин, дало мощный толчок к её развитию.

Объектом изучения четвертичной геологии служат отложения последнего отрезка геологической истории, продолжительностью от одного до двух млн. лет. Тем не менее, точно установить границы четвертичной системы не так просто. *С одной стороны*, геологи до сих пор не располагали достаточно точными методами для измерения столь малых отрезков геологического времени. *С другой стороны*, нет точных критериев для проведения нижней границы этой системы.

В истории развития всей природы Земли между четвертичным периодом и неогеном прослеживается полная преемственность. В

особенности тесную связь четвертичного периода просматривается с поздним плиоценом и, по существу, представляет собой лишь его завершающий эпизод. Тем не менее, выделение четвертичной системы и достаточно дробное её стратиграфическое расчленение совершенно необходимы, так как это имеет весьма значительное влияние на решения важных научных и народнохозяйственных задач.

В геологической службе России в настоящее время продолжительность четвертичного периода принята в объеме около 0,75 млн. лет – с начала проявления крупных материковых оледенений в Европе и сильного похолодания климата Земли. Но не исключено и наличие более ранних оледенений. Похолодание климата проявилось значительно раньше, вызвав существенные изменения в составе флоры и фауны. В связи с этим на XVIII сессии Международного геологического конгресса в 1948 году было принято решение о понижении границы четвертичной системы с учётом первого проявления похолодания климата в фауне морских слоёв плиоцена (на юге Италии). Но до настоящего времени среди геологов не было полного единства взглядов по вопросу о том, где следует проводить эту границу. Большинство исследователей принимает её на уровне около 1,8 млн. лет, но есть и другие точки зрения.

Изучение четвертичных отложений имеет в сущности те же задачи, что и все остальные разделы исторической геологии. Тем не менее, имеется и значительное своеобразие в их постановке.

***Основные задачи четвертичной геологии:***

- 1) стратиграфическое расчленение отложений и поиск тесноты связи разрезов,
- 2) выяснение геологического строения четвертичного покрова, генезиса и условий образования отложений,
- 3) восстановление палеогеографических условий,
- 4) воссоздание истории тектонических движений и вулканизма.

Весьма важной задачей остаётся совершенствование и выработка новых методов исследования, в особенности методов определения абсолютного возраста отложений.

Для уяснения сути этих задач особенно важным представляется иметь чёткое представление о главных особенностях четвертичного периода, определяющих невозможность изучения его отложений обычными методами исторической и структурной геологии.

## СТАНОВЛЕНИЕ ЧЕТВЕРТИЧНОЙ ГЕОЛОГИИ И ПРОБЛЕМЫ ЕЁ ТЕРМИНОЛОГИИ

На протяжении большого промежутка времени рыхлые горные породы, слагающие земную поверхность, не подвергались практически никаким исследованиям – их пренебрежительно называли «*нано-сами*» (по англ. – drift). Поэтому в старейших попытках использования понятия «четвертичный», ему придавали совсем не то значение, какое вкладывается сейчас. Термин «*четвертичный*» впервые появляется в геологической науке в XVIII веке, когда Джованни Ардуино выделяет послетретичные отложения в самостоятельную группу, и называет их «*четвертичным подразделением гор*». В 70-е годы XVIII века Абраам Вернер вводит понятие о первозданной, вторичной, третичной, четвертичной и вулканогенной формациях, подразумевая последовательность формирования горных пород. Согласно бытовавшим тогда воззрениям, все горные породы образовались в водах Мирового Океана, который первоначально покрывал всю планету. В первую очередь из морских вод чисто химическим путём возникли граниты, порфиры и прочие породы. Вторыми сформировались известняки и сланцы; третьими – различные слоистые породы (песчаники, мергели, угли и другие); четвёртыми – новейшие делювиальные и аллювиальные пески, гравии, суглинки и прочие породы.

С развитием геологической науки исследователи заинтересовались происхождением валунов, лежащих на поверхности равнин и удалённые от ближайших гор на сотни и даже тысячи километров. Такие валуны получили название *эратических* (блуждающих). Кроме того, естествоиспытатели видели, что на огромных просторах севера Европы такие валуны залегают в мощном слое *тилля*, образованного хаотичным скоплением глин, песков и более крупных обломков. Соответственно, возникла необходимость объяснить, какая же сила накопила эти несортированные смеси. Начиная с XVIII века было предложено три гипотезы по этому поводу: *диллювиальная, дрифтовая* и *ледниковая*.

Истоки *диллювиальной гипотезы* (от лат. diluvium – потоп) лежат в идеях катастрофизма, господствовавших в науке с XVII по XVIII век. Согласно бытовавшим тогда воззрениям, накопление валунных суглинков, галечников, песков и прочих неслоистых поверхностных отложений объяснялось всемирным потопом. К 20 годам XIX века библейскую версию сотворения мира геологи отбросили,

тем не менее, вера в исключительно мощные наводнения, в прошлом затоплявшие сушу, ещё оставалась. Таким образом, утверждалось, что гигантские волны, с огромной скоростью затоплявшие континенты, переносили глыбы на сотни километров и создавали в горах цирки и «U»-образные долины.

XIX век ознаменовался началом полярных исследований, благодаря которым выяснилось, что айсберги способны переносить разнообразные обломки на огромные расстояния, а затем отлагать их на морском дне. Кроме того, в поверхностных отложениях как северной, так и южной Европы, во множестве были найдены кости северных оленей и полярных птиц, что свидетельствовало о сильном похолодании, охватившем сушу в недавнем прошлом. Таким образом, появилась *дрифтовая гипотеза*, в соответствии с которой утверждалось, что на последнем этапе развития Земли обширные просторы равнин северных материков затопились мелководными и холодными морями. Айсберги, дрейфовавшие в студёных водах, цеплялись за вершины возвышенностей дна, пропахивали в них борозды и постепенно оставались. По мере таяния, из них выпадали всевозможные обломки, которые и создали пёстрые по составу накопления, обнажающиеся на холмах и в низинах равнин Европы и Северной Америки. Одним из апологетов дрифтовой гипотезы был знаменитый английский естествоиспытатель и геолог Чарльз Лайель, прославившийся также борьбой с катастрофизмом, и обосновавший идею униформизма. Дрифтовая гипотеза господствовала в геологии вплоть до 60-70-х годов XIX века.

В начале XIX века позиции катастрофизма пошатнулись, чему в немалой степени помогла книга шотландского геолога Джеймса Геттона «Теория Земли», изданная ещё в 1795 году. В ней впервые высказывалось предположение о гигантских массах льда, покрывавших Альпы и даже спускавшихся на окружающие равнины – до гор Юра. Именно ледники, по мнению Геттона, разнесли и отложили гранитные глыбы. Таким образом, Джеймса Геттона следует считать родоначальником *ледниковой гипотезы*, хотя его точка зрения победила лишь к концу XIX века. Высказанная им идея получила поддержку в 1829 году, когда швейцарский инженер Игнац Венец-Зиттен выступил с докладом о том, что вся северная часть Европы некогда испытывала воздействие льдов. С этого времени начинают развиваться взгляды о существовании в прошлом покровных ледников.

Пятью годами позже, в 1834 году, швейцарец Жан де Шарпентье подкрепил суждения Зиттена собственными полевыми наблюдениями. Первую половину XIX века вообще можно назвать революционной для четвертичной геологии: наряду с появлением новых гипотез, утверждается мнение о необходимости обособления самостоятельного стратиграфического подразделения, соответствующего последнему этапу жизни Земли. Краткий экскурс в историю развития взглядов на стратиграфическое деление квартера позволяет выделить несколько этапов.

В 1829 году бельгиец Жюль Денуайе впервые придаёт термину **«четвертичный»** стратиграфическое значение. Он предлагает выделять **четвертичную систему**, соответствующую породам, стратиграфически лежащим выше **третичных** (ранее третичной системой называли тот комплекс, который сейчас разделён на палеогеновую и неогеновую системы).

Англичанин Гарри Ребуль в 1833 году обогащает принципы выделения четвертичных отложений палеонтологическим критерием. Ребуль предлагает называть четвертичными те отложения, которые в больших количествах содержат ископаемые останки современных представителей флоры и фауны.

В 1839 году англичанин Чарльз Лайель уточняет палеонтологический критерий и вводит новый термин **«плейстоценовый этап»** (от греч. pleistos – наибольший; kainos – новый). Плейстоценовыми отложениями он называет те, в которых доля останков современных моллюсков превышает 70% от общего числа находок.

Швейцарский естествоиспытатель Жан Луи Агассис в 1837 году, поддерживая Венец-Зиттена и Шарпентье, приводит доказательства существования в прошлом ледников на территориях Великобритании и Северной Америки. Таким образом, к сороковым годам XIX века оформилось предложение называть последний этап развития Земли **ледниковым периодом**. Сам термин **«ледниковый период»** впервые был использован другом Агассиса, немецким ботаником Карлом Шимпером в поэтическом произведении.

В 1846 году Эдуард Форбс указывает на равнозначность понятий **«плейстоцен»** и **«ледниковый»**, и вводит понятие **«голоцен»** (от греческих holos – весь, полностью; kainos – новый, современный), или послеледниковый этап.

Ко второй половине XIX века накопился большой объём фактических материалов, полученных при полевом исследовании четвер-

тичных пород. Анализ собранных сведений позволил сделать качественный скачок в развитии науки: в 70-е годы почти одновременно выходят в свет обобщающие труды Отто Мартина Торелла в Швеции, Арчибальда Гейки в Великобритании и Петра Николаевича Кропоткина в России.

В России приверженцами идеи о развитии покровных ледников были Григорий Ефимович Щуровский и Фёдор Богданович Шмидт. Наибольшую роль из российских учёных в развитии гипотезы покровных оледенений сыграл П.Н. Кропоткин. В 1874 гду им был сделан доклад на заседании Императорского Русского географического общества о результатах геологического и географического изучения территорий Сибири и Скандинавии. На основании проведённых исследований Кропоткин пришёл к выводу, что названные регионы являются областями древнего оледенения. В 1876 году им была опубликована книга *«Исследования о ледниковом периоде»*, где излагались основные положения ледниковой теории.

В 1875 году О. Торелл, основываясь на гигантском объёме фактической информации по ледникам Гренландии, Исландии и Шпицбергена, сделал вывод о недавнем сплошном оледенении Северной и Центральной Европы. В настоящее время создателями ледниковой теории называют именно П.Н. Кропоткина и О. Торелла.

На международном геологическом конгрессе в 1881 году в Болонье было принято решение о выделении четвертичного периода (системы), продолжительностью порядка одного млн. лет. Четырьмя годами позже, в 1885 году, международный геологический конгресс утвердил термин *«голоцен»*, соответствующий послеледниковому этапу жизни Земли, продолжавшемуся около 10 тыс. лет.

XIX век в развитии четвертичной геологии ознаменовался дискуссией по двум фундаментальным вопросам: *во-первых*, генезиса поверхностных отложений, *а во-вторых* – природной обстановки последнего этапа развития Земли. Сторонников ледниковой теории называли гляциалистами, тогда как приверженцев дрифтовой идеи – антигляциалистами. К концу XIX века в мировой геологии точка зрения гляциалистов побеждает, хотя и до настоящего момента ряд учёных отрицает возможность существования покровных ледников в прошлом. Вместе с тем, последователи гляциализма разделились на два лагеря: одни утверждали, что в четвертичном периоде северные материки подвергались многократным оледенениям, другие же настаивали на длительном развитии одного ледникового покрова, то



увеличивавшего свою площадь, то сокращавшегося. Соответственно в науке сложились два направления: *полигляциализм* и *моногляциализм*. В России сторонниками множественности ледниковых этапов были Николай Александрович Криштафович, Андрей Дмитриевич Архангельский, тогда как взгляды об однократном оледенении исповедовали П.Н. Кропоткин, Сергей Николаевич Никитин, Александр Александрович Иностранцев и Пётр Яковлевич Армашевский. Следует отметить, что среди полигляциалистов также не было единого мнения о количестве ледниковых этапов, в связи с чем учёные разделились на умеренных полигляциалистов и экстраполигляциалистов.

Утверждение в науке позиций полигляциализма вызвало к жизни целый комплекс проблем, связанных с более детальной стратиграфией квартера и занявших умы учёных XX века. В первую очередь, нужно указать на проблемы таксономического плана, связанные с малой продолжительностью четвертичного периода, охватывающего, по разным представлениям, от 0,8 до 1,8 млн. лет (крайние оценки 0,2...3,9 млн.). Указанный интервал никак не превышает продолжительности зоны (а для крайних оценок – яруса) предыдущих систем. Вместе с тем понятно, что восстановление истории развития Земли в квартере требует разделения его на ещё более короткие временные отрезки. Очевидно также то, что чем короче время накопления, тем сложнее обосновать выделение стратиграфического подразделения.

В 1909 году вышел в свет знаменитый труд немецких учёных – географа и геоморфолога Альбрехта Пенка и климатолога Эдуарда Брикнера «*Альпы в ледниковые периоды*». В этой книге была предложена первая в истории схема стратиграфического расчленения четвертичных отложений, оказавшая огромное влияние на развитие наук о Земле. В частности, была заложена методологическая основа для перехода к более подробной стратиграфии квартера: авторы выделили четыре ледниковых этапа, три (разделяющих их) межледниковых, и тёплый доледниковый периоды.

В то же время, в 90-е годы XIX века, трудами Д. Гейки, Томаса Краудера Чемберлена и Леверетта были заложены основы стратиграфии древнеледниковых областей Северной Америки. Так, на рубеже XIX...XX веков большее признание получил полигляциализм.

В 1922 году российский геолог Алексей Петрович Павлов на основании обнаружения костных останков древнего человека в самых молодых породах предлагает называть завершающий этап земной истории *антропогенным периодом* (от греч. anthropos – человек).

Таким образом, менее чем за сто лет, одному и тому же отрезку времени кайнозоя было дано четыре названия: **четвертичный**, **плейстоценовый**, **ледниковый** и **антропогеновый**. Примечателен тот факт, что все они находились (а местами и по сей день находятся) в использовании, причём, как правило, в качестве синонимов. Но, в настоящее время доказано, что возраст останков предполагаемых предков современного человека значительно превышает продолжительность холодного этапа кайнозоя, поэтому термин **«антропогеновый»** в стратиграфическом и геохронологическом смысле используется всё реже. Затем и название **«плейстоцен»** тоже приобрело более узкое значение – под ним понимают ту часть четвертичного периода, на протяжении которой чередовались ледниковые и межледниковые этапы. Соответственно, ещё сильнее сузилось понятие **«ледниковый этап»** – это время развития одного ледникового покрова. В силу сказанного, для обозначения ныне продолжающегося периода, как правило, используют понятие **«четвертичный»** или же **«квартер»** (от англ. quarter – четверть), хотя довольно часто применяются и иные, ранее указанные понятия – объяснить это можно отчасти некоторой инерцией, подобно тому, как до сих пор специалистами нередко употребляется даже термин **«третичный период»**.

В 1932 году в Ленинграде, на второй конференции Ассоциации по изучению четвертичного периода Европы, был образован Международный союз по изучению четвертичного периода (INQVA). В 1939 году была подготовлена Международная карта четвертичных отложений Европы. В её легенде утверждается четырёхчленное деление квартера ( $Q$ ) – он дробится на четыре равноценные таксономические части: **эоплейстоцен** ( $Q_1$ ), **мезоплейстоцен** ( $Q_2$ ), **неоплейстоцен** ( $Q_3$ ) и **голоцен** ( $Q_4$ ). Внутри мезо- и неоплейстоцена выделялись ледниковые и межледниковые отложения.

После второй мировой войны началось бурное развитие геологической науки, и возникла необходимость упорядочения стратиграфических классификаций. В результате проведённых работ ранг эо-, мезо-, неоплейстоцена и голоцена приравнялся к отделам стратиграфической шкалы, а межледниковые и ледниковые слои – к ярусам. В то же время было совершенно очевидно то, что по своему объёму (продолжительности накопления) они никоим образом не соответствуют отделам и ярусам всех других геологических систем. Следовательно, необходимо было либо увеличить продолжительность этих

подразделений, а значит, и всего четвертичного периода, либо разработать и утвердить иные, более мелкие по рангу таксоны.

Решением Межведомственного стратиграфического комитета СССР в 1963 году было упразднено использование терминов «отдел» и «ярус» для четвертичной системы. Вместо них бывшие отделы квартера предложили называть отложениями *нижне-, средне-, верхнечетвертичными* и *современными (голоценовыми)*. Входящие в их состав бывшие ярусы ледниковых и межледниковых пород получили название *горизонтов*.

## **ОСОБЕННОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА**

Четвертичный период от других предшествующих периодов отличается малой продолжительностью и крайней молодостью отложений, полным господством континентальных накоплений в пределах современной суши, наличием интенсивных глобальных колебаний климата и связанных с ними материковых оледенений. Специфическая особенность четвертичного периода – тесная его связь с формированием человечества и его материальной культуры.

*1. Малая продолжительность четвертичного периода.* В границах, принимаемых в геологической службе, продолжительность этого периода оценивается в 0,75 млн. лет. Но и при предполагаемом объёме в 1,8 млн. лет она оказывается меньше продолжительности любого геологического века дочетвертичного времени (в среднем 3,3 млн. лет для кайнозоя). Продолжительность этого периода соответствует длительности зон – самых дробных подразделений общей стратиграфической шкалы (0,7... 4 млн. лет). Тем самым, четвертичная система соответствует лишь части обычного стратиграфического яруса или даже зоны. Между тем, основной метод, используемый в исторической геологии для установления геологического возраста – биостратиграфический – не даёт возможности для более подробного расчленения отложений и, следовательно, не может служить для разделения четвертичного периода. Эволюция органического мира идёт медленнее, чем это необходимо для фиксации столь коротких отрезков времени.

Малая продолжительность периода ставит особые трудности перед его стратиграфическим расчленением и требует для этого поисков совершенно особых принципов и методов.

**2. Крайняя геологическая молодость четвертичных отложений.** Эта черта проявляется в целом ряде их особенностей. Это, прежде всего, повсеместность их распространения. Такие накопления сплошным чехлом покрывают практически всю поверхность Земного шара, отсутствуя лишь на очень крутых скалистых склонах. Решительно преобладают рыхлые отложения, часто не прошедшие даже начальных стадий диагенеза.

Твёрдые горные породы встречаются очень редко. Это, или породы с известковистым цементом (известковистые песчаники, конгломераты, брекчии и органогенные известняки) и травертины, или вулканические породы.

Господствуют недислоцированные отложения, полностью сохраняющие свои первичные формы залегания. Складчатые и разрывные дислокации встречаются редко – в более древних толщах в горах или возникают в результате динамических воздействий ледников (*гляциодислокации*) и при оползнях. Характерна малая мощность отложений; обычно она измеряется метрами или первыми десятками метров, редко достигает 100...200 метров. Но в отдельных тектонических прогибах мощность по данным бурения может достигать до 300...500 и даже свыше 1800 метров.

Эти свойства четвертичных отложений, с одной стороны, затрудняют их исследования, так как более молодые слои скрывают более древние. С другой стороны, молодость отложений обуславливает прекрасную сохранность первичных признаков осадка и имеющихся в нём остатков организмов, близких к современным сообществам. Это, в свою очередь, обеспечивает очень большую надёжность палеогеографических реконструкций, что имеет, как мы увидим дальше, важнейшее значение для стратиграфического разделения системы.

**3. Полное господство континентальных отложений** в составе четвертичного покрова современной суши. Эта очень важная особенность четвертичных отложений тесно связана с их молодостью и обусловлена тем, что к четвертичному периоду современные очертания материков в основном уже сформировались. В пределах существующей суши почти не было трансгрессий моря и шло континентальное осадконакопление.

Континентальные отложения коренным образом отличаются от морских специфическим своеобразием. Важнейшие особенности их обусловлены тесной связью с рельефом земной поверхности и с процессами его формирования. Вместо правильного параллельного напластования далеко прослеживающихся слоёв, типичного в морских толщах, для континентальных отложений характерны сильная фациальная изменчивость, литологическая пестрота в плане и залегание в виде сложных линзовидных тел. Встречаются их первичные наклоны.

Осадконакопление происходит в многочисленных обособленных впадинах, в понижениях рельефа и на их склонах, при очень большом разнообразии экзогенных процессов, ведущих к транспортировке и отложению осадков. Важнейшее значение приобретают выявление генезиса отложений, установление их генетических типов и взаимоотношений накоплений между собой и с рельефом, палеогеографических условий их образования.

Вместе с большой пестротой состава и строения отложений характерна повторяемость в разрезе однообразных литогенетических комплексов, обусловленная неоднократным обнаружением сходных условий осадконакопления.

Важной особенностью континентальных отложений служит постоянно проявляющееся в их строении сложное сочетание на суше процессов аккумуляции и денудации. Это находит своё отражение в характерных для этих отложений следах размыва, в наличии прислонённых толщ. В связи с неоднократным врезанием речных долин, происходящим чаще всего в результате тектонических поднятий суши, характерно более низкое гипсометрическое положение более молодых (врезанных и вложенных) отложений по сравнению с более древними. Типично также разновысотное положение одновозрастных отложений разного генезиса.

Для молодых отложений характерен хорошо сохранившийся аккумулятивный рельеф. Формы рельефа служат для диагностики различных генетических типов отложений, позволяют прослеживать и сопоставлять их, отграничить площади их распространения.

Все эти особенности континентальных отложений делают неприменимыми для их изучения обычные методы исторической геологии. Отсутствие правильного напластования и накопление в изолированных мелких впадинах определяют невозможность применения метода прослеживания слоёв и выдвигают большие трудности

перед задачей установки связи разрезов. Обратное гипсометрическое положение древних и молодых слоёв при врезании речных долин не позволяет применять метод последовательности напластований (*ба-трологический*) для определения относительного возраста отложений. Тесная связь осадконакопления с рельефом выдвигает на первый план геоморфологическую методику.

Существенно отличаются методы фациального анализа наземных отложений. Применение их невозможно без использования учения о генетических типах континентальных отложений.

Существенной особенностью этих отложений является обычно почти полное отсутствие в них остатков организмов. Это связано отчасти с малой плотностью заселения суши животными, а главное – с неблагоприятными условиями захоронения. Отмершие организмы долго остаются на поверхности и в субаэральных условиях полностью истлевают. Тем не менее, встречаются и единичные находки и массовые захоронения ископаемых организмов, но они крайне редки и для расчленения отложений в практике используются нечасто. Следовательно, основной метод исторической геологии – палеонтологический – может иметь лишь очень ограниченное применение.

**4. Колебания климата и оледенения.** Важнейшая особенность четвертичного периода – отпечаток на нём глобальных колебаний климата с возникновением грандиозных покровных оледенений на материках северного полушария.

Колебания климата выражались в неоднократной смене холодных и тёплых эпох различной продолжительности и интенсивности. Сильным и длительным похолоданиям климата в средних широтах и на севере соответствовали ледниковья (*гляциалы*), во время которых в зонах влажного климата возникали материковые оледенения. В зоне сухого арктического климата в эпохи похолоданий происходило интенсивное промерзание горных пород – формировалась многолетняя (вечная) мерзлота. Длительные потепления климата выражались, соответственно, в межледниковьях (*интергляциалах*), в частичной деградации вечной мерзлоты. На фоне этих крупных колебаний проявлялись и более мелкие, разного порядка, образуя соподчинённые климатические ритмы различной сложности. В аридной зоне и в субтропиках в связи с изменениями климата чередовались эпохи увлажнения – *плювиалы* и иссушения – *ариды*.

Сильные похолодания вызвали крупные изменения в животном и растительном мире, появление новых типов физико-геологических

процессов и отложений. Периодические оледенения Земли, приводя к концентрации колоссальных масс воды в виде льда на суше, также вызывали крупные эвстатические (медленные и повсеместные) колебания уровня океана, изменяя его температурный режим.

Ритмообразность климатических изменений даёт совершенно новую палеоклиматическую основу для стратиграфического расчленения четвертичных отложений, опирающуюся на совокупность литологических и палеонтологических особенностей отложений, характеризующих климатические условия прошлого.

**5. Развитие человека.** Чрезвычайно специфичной особенностью четвертичного периода служит формирование человечества и его материальной культуры. Это было время широкого расселения человека и распространения создаваемых им каменных изделий и других остатков материальной культуры. Прогрессивные изменения этой культуры создают предпосылки для использования археологического метода в четвертичной стратиграфии. Очень велико возрастающее влияние человека как фактора изменения природы – фауны, флоры, почв и микроклимата.

## **МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ**

Так как четвертичная геология связана с чрезвычайно обширным перечнем естественных и даже гуманитарных наук, то и арсенал используемых ею методов отличается большим разнообразием. Далее речь пойдёт о тех из них, которые используются наиболее часто.

Методы объединены в три группы: стратиграфического расчленения четвертичной толщи, абсолютной геохронологии и определения генезиса отложений. Понятно, что такое объединение носит условный характер, поскольку при решении определённых задач в каждом конкретном случае один и тот же метод может применяться для разных целей. Например, палеонтологические методы помогают не только провести стратиграфическое разделение отложений, но и поставляют информацию о генезисе пород. Поэтому для получения достоверных результатов, при решении любого рода проблем необходимо пользоваться максимально возможным набором самых разных методов. В отдельную группу выделены геоморфологические методы, отличающиеся универсальностью использования.

### ***Стратиграфическое расчленение четвертичной толщи.***

Стратиграфия служит одной из основных проблем изучаемой науки. Это вызвано тем, что главной особенностью развития природы в квартере послужила смена тёплых этапов холодными. И выделение более мелких временных отрезков опирается на определение количества и специфики таких этапов. Следовательно, стратиграфия четвертичных накоплений проводится, как правило, по климатическому принципу – используемые при этом методы призваны разделить четвертичные отложения на группы, формировавшиеся в диаметрально противоположных климатических условиях: ледниковых и межледниковых. С этой целью применяются палеонтологические, а также палеомагнитный, изотопно-кислородный и другие методы.

## **Палеонтологические методы**

***Палеонтологические методы*** заключаются в изучении останков (или отпечатков) живых организмов и подразделяются на две группы: ***палеофлористические*** (палеоботанические) и ***палеофаунистические*** (палеозоологические). Залегающие в горных породах окаменевшие органические останки называются ***фоссилиями*** (от лат. fossilis – ископаемый). Совокупность, или комплекс органических останков, содержащихся в породе, называется ***ориктоценозом*** (от греч. oriktos – ископаемое, kenos – общий).

Анализируя возможности применения палеонтологических методов для стратиграфии квартера, необходимо иметь в виду следующее. Изучение окаменелостей, найденных в дочетвертичных слоях, позволяет весьма точно оценить время их накопления, в первую очередь, благодаря обнаружению руководящих организмов, то есть используя ***биостратиграфический принцип***. Вместе с тем, для четвертичных отложений такой подход оказывается неприемлемым. Обусловлено это малой продолжительностью квартера в целом и, тем более, входящих в его состав ледниковых и межледниковых эпох – на Земле попросту не успевали возникнуть и широко распространиться новые, руководящие виды.

Поэтому главная цель изучения фоссилий в четвертичной геологии – восстановление не единичных организмов, а целых ассоциаций, в силу чего в геологии квартера принято выделять ***фаунистические*** и ***флористические комплексы***. Анализ этих комплексов позволяет достаточно уверенно определить палеоклиматические условия того



времени, когда обитали данные организмы. Следовательно, палеонтологические методы поставляют информацию для палеогеографических и палеоэкологических реконструкций. Поскольку в разные отрезки квартера на Земле обитали разные комплексы организмов, то появляется возможность произвести стратиграфическое расчленение четвертичной толщи, но уже на базе *климатостратиграфического принципа*.

В разрезе четвертичных отложений наблюдается чередование отложений, накопившихся ледниками в холодные этапы, с озёрными, болотными, аллювиальными и прочими, содержащими органику, породами, возникшими в тёплые межледниковые этапы. Гляциальные осадки считаются переотложенными и палеонтологически «немыми» – обнаруженные в них фоссилии не позволяют оценить возраст пород. Поэтому пролить свет на развитие природы в отдалённом прошлом могут лишь отложения тёплых этапов развития, а также породы, сформировавшиеся во время оледенений, но за пределами распространения глетчеров. Необходимо подчеркнуть, что главными источниками знаний о развитии природы в квартере служат межледниковые горизонты.

## **Палеофлористические методы**

Такие методы разделяются на две группы: изучение *микро* (пыльцы, спор и водорослей) и *макрофоссилий* (плодов, семян и отпечатков растений). Их применение базируется на том, что даже малейшие колебания климата отражаются в составе растительных останков.

*Палеопалинологический метод* (споро-пыльцевой) имеет исключительное значение для стратиграфии квартера по той причине, что устойчивые к внешним воздействиям споры и пыльца присутствуют практически во всех генетических типах отложений. Именно споро-пыльцевой анализ лежит в основе всех новых стратиграфических схем. Суть метода заключается в том, что из слоя отбирается образец отложений, и из него выделяются споры и семена. Затем определяют *палинологический спектр* – видовой состав растительности и процентное содержание зёрен пыльцы или спор каждого вида.

Таким образом, спектр характеризует растительность, а значит и климат того отрезка времени, в котором накопился данный слой. При

отборе серии образцов – снизу вверх по всему горизонту – получают сведения о динамике растительности за соответствующее время.

Результаты анализов графически изображаются в виде *палинологических (споро-пыльцевых) диаграмм*, поставляющих информацию и о смене климатических условий. Сумма палинологических спектров даёт *палинологический комплекс*, отличающийся для каждого межледниковья плейстоцена. Лучше всего пыльца и споры сохраняются в торфе, сапропеле и других органогенных породах.

*Палеокарпологический метод* опирается на изучение плодов и семян покрытосеменных растений, захороненных в четвертичных отложениях. Его стратиграфическая роль менее проявлена, поскольку такие останки сохраняются плохо, а количество диагностических признаков у них обычно невелико. Для исследований этим методом наиболее пригодны озёрные и болотные осадки.

*Диатомовый метод* основан на изучении кремневых панцирей диатомовых водорослей, обитающих как в пресных, так и в солёных водах. Возможности его применения в стратиграфии обусловлены тем, что кремневые створки прекрасно сохраняются и широко распространены, а сами диатомеи не только быстро эволюционировали, но и чутко реагировали на смену природных условий.

## **Палеофаунистические методы**

Такие методы опираются, в первую очередь, на исследование экологически обусловленных комплексов животных. Чаще всего в четвертичной геологии изучают останки млекопитающих, моллюсков и планктонных организмов.

Изучение останков млекопитающих разделяется на исследование останков крупных и мелких наземных животных. *Маммологические методы* посвящены исследованию останков крупных млекопитающих. Животных плиоцена и квартера объединяют в фаунистические комплексы, состав и время обитания которых рассматривались ранее. Наибольшее количество останков содержится в русловом аллювии равнинных рек, овражно-балочном пролювии и карстовых полостях. В большинстве случаев фоссилии представлены разрозненными костями, причём возрастная датировка отложений по ним почти невозможна, поскольку велика вероятность, что кости переотложены. Находки целых скелетов приурочены к торфяникам, а в многолетнемёрзлых породах иногда обнаруживаются и туши животных.

**Микротириофаунистические методы** позволяют изучать мелких млекопитающих (грызунов, насекомоядных и др.). Эти останки встречаются несравнимо чаще, нежели кости крупных животных, и приурочены к тем же типам отложений. Из-за малых размеров, кости грызунов быстро разрушаются, поэтому сохранность фоссилий, как правило, низкая. Наибольшее количество пригодных для изучения находок представлено зубами, уцелевшими благодаря прочному покрову эмали.

**Изучение раковин пресноводных моллюсков**, производимое с помощью **малакофаунистических методов**, также предполагает выделение комплексов ископаемых моллюсков. Успешнее всего такой анализ применяется в климатостратиграфических и палеогеографических целях. С его помощью изучены разрезы лессовых пород, содержащие погребённые почвы – доказано, что климат времени накопления лёссов был гораздо суровее климата этапов почвообразования.

**Остракодологический анализ** используется в климатостратиграфических целях при расчленении как континентальных, так и морских отложений. **Остракоды** – мелкие ракушковые рачки, тело которых заключено в двустворчатую роговую или известковую раковину. Обитают они как в пресных, так и в морских водах, и наибольшее количество их останков приурочено к озёрным, шельфовым и лиманным отложениям, а также к старичному и пойменному аллювиям. Остракоды отличаются широким географическим распространением и обладают высокой чуткостью к изменению окружающих условий – их изучение позволяет выявить колебания температур и солёности, глубины и динамики вод.

**Фораминиферовый анализ** также используется для климатостратиграфии четвертичных пород. Метод применим только к морским осадкам, поскольку фораминиферы (или корненожки – морские бентосные или планктонные животные, обладающие известковой раковиной) не встречаются в пресных водах. Фораминиферы служат индикаторами температуры и солёности вод, содержания растворённого кислорода и глубины бассейна.

Примерно по тому же принципу, что и палеонтологические методы, используют **палеопедологический метод**, посвященный изучению погребённых почв. Ископаемые почвы отражают всю совокупность природных условий времени своего формирования, следовательно, по ним можно проводить палеоклиматические реконструк-

ции. Наиболее эффективно палеопедологический анализ применяется в изучении лёссовых пород.

## **Палеомагнитный и изотопно-кислородный методы**

*Палеомагнитный метод*, изначально служивший целям стратиграфии более древних этапов развития Земли, находит всё большее применение в четвертичной геологии. Основу метода составляет признание того факта, что знаки намагниченности полюсов Земли непостоянны во времени, а направление линий магнитного поля фиксируется кристаллами магнитных минералов, оседающими в водной среде или магматическом расплаве. Кроме того, изменяется и географическое положение магнитных полюсов, что также «консервируется» ориентировкой кристаллов. Поскольку названные вариации носят глобальный характер, то палеомагнитный метод позволяет устанавливать взаимосвязь осадконакопления на самых удалённых территориях во временном аспекте. Исследованию подвергаются эффузивные, морские, озёрные, аллювиальные и лёссовые образования.

Продолжительность этапов, когда знак полярности и расположение магнитных полюсов были постоянны, в истории планеты неодинакова. Смена знака полярности получила название *инверсии магнитного поля*.

*Магнитные эпохи* – это длительные отрезки времени (сотни тысяч лет), на протяжении которых знак намагниченности полюсов сохранялся постоянным. Внутри них выделяются *магнитные эпизоды* – кратковременные этапы инверсии магнитного поля.

*Магнитные экскурсы* – это отрезки времени, когда геомагнитный полюс смещался на достаточно большое расстояние, а затем возвращался обратно.

Магнитным эпохам кайнозоя присвоены порядковые номера, считая от современной (Брюнес – первая). Следовательно, эпохи с нечётными номерами обладают *прямой (нормальной)*, а с чётными – *обратной полярностями*. Предшествующие геомагнитные эпохи именуется Матуяма (№ 2), Гаусс (№ 3), Гильберт (№ 4).

Последняя продолжительная инверсия (ранга эпохи) произошла около 780 тыс. лет назад, и этот переход получил название «Граница Матуяма – Брюнес». Во многих стратиграфических схемах квартала, в том числе и в унифицированной схеме четвертичных отложений, с

названным рубежом совпадает начало четвертичного периода. Существует, однако, и другое мнение, согласно которому нижняя граница квартера лежит гораздо ниже – вблизи кровли слоя, накопившегося во время эпизода прямой полярности Олдувей, что соответствует примерно 1,76 млн. лет назад.

**Изотопно-кислородный метод**, разработанный американским геохимиком Ч. Эмилиани, применяется для изучения морских осадков. Следовательно, наряду с палеомагнитным, он относится к числу ведущих современных методов, используемых не только для региональной стратиграфии, но и для выявления глобальных связей. Данный анализ опирается на то, что в скелетах морских животных (створках фораминифер) содержатся разные изотопы кислорода:  $O^{18}$  и  $O^{16}$ , а доля каждого из них зависит от температуры и солёности воды. Причём как рост температуры, так и опреснение воды понижают соотношение  $O^{18}/O^{16}$ , поскольку падение температуры на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  ведёт к росту доли изотопа  $O^{18}$  на 0,02 %. Поэтому на графике, отражающем изменение данной пропорции во времени, чётко отражается смена ледниковых условий (воды холодные и солёные) на межледниковые (тёплые и опреснённые).

В результате исследований океанических отложений, накопления верхнего кайнозоя были разделены на изотопно-кислородные ярусы, счёт которых идёт от современности к древности. Нечётным номерам ярусов отвечают тёплые этапы, а чётным – холодные.

## **Методы абсолютной геохронологии**

**Методы абсолютной геохронологии** используются для выявления возраста четвертичных отложений, а значит, применимы в целях установления взаимовлияний природных событий, происходивших в самых разных местах земной поверхности. Наибольшее распространение получили **методы радиоизотопного и биоиндикационного датирования**, а также **методы изучения сезонно-слоистых осадков**. Как и в стратиграфии, для получения надёжных результатов желательно использовать несколько методов параллельно.

**РАДИОИЗОТОПНЫЕ МЕТОДЫ** опираются на постулат постоянства скорости распада радиоактивных элементов. К настоящему времени получены доказательства того, что на эту величину могут влиять различные природные факторы, как, например, колебания космического излучения. В связи с этим необходимо введение попра-

вок в получаемые датировки. Изю всех радиоизотопных методов самые надёжные результаты позволяет получить *радиоуглеродный*.

*Радиоуглеродный анализ* оценивает содержание в органической породе изотопа  $C^{14}$ , период полураспада которого составляет 5 568 лет. Данный анализ позволяет определить возраст пород, накопившихся не более 40... 50, а применение специальных методик позволяет понизить планку до 65... 70 тыс. лет назад. Эффективнее всего подвергать исследованию растительные остатки, а среди них – уголь и древесину. Кроме того, возможны датировки по торфу, почвам, карбонатным отложениям, горелой и необожжённой кости.

*Неравномерно-урановый метод* опирается на сопоставление содержания в породе первичных изотопов урана-235 и урана-238 с производными их распада: ураном-234, протоактинием-231 и ионием. Временной интервал датировки составляет от современности до 2...2,5 млн. лет. Надёжные результаты получают при изучении коралловых построек.

***БИОИНДИКАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ*** применяются для выявления возраста голоценовых отложений и включают в себя лихенометрический, дендрохронологический и другие анализы.

*Лихенометрический метод* основан на изучении лишайников, растущих на валунах. Метод опирается на допущение постоянства скорости роста, а также одновременности обнажения камня и появления на нём лишайника. Исследованию подвергаются современные (голоценовые) гляциальные образования, возрастом более 9 000 лет.

*Дендрохронологический метод* опирается на изучение древесных срезов: подсчитываются годовые кольца и анализируется их рисунок. Анализу в большей степени подвергаются хвойные деревья, реже – лиственные. Доказано, что у каждого кольца есть свои уникальные особенности рисунка, зависящие от погодных условий данного года. Следовательно, и у группы деревьев за год возникнут похожие кольца. Сопоставляя срезы последовательно всё более старых деревьев (в том числе и погребённых), получают линейный возрастной график. Метод отличается высокой точностью и позволяет определять возраст до 10 000 лет.

*Методы изучения сезонно-слоистых осадков* позволяют с точностью до одного года определить продолжительность существования водоёма. Кроме того, с их помощью иногда можно рассчитать и другие временные параметры, а также реконструировать палеогеографические условия осадконакопления. Основой применения этих

методов служит либо сезонное изменение гидрохимических показателей озёрных вод, либо сезонные колебания активности поступления обломочного материала. В обоих случаях за год на дне формируются два слоя: один летний и один зимний, причём с разным составом. Таким образом, подсчитав количество сдвоенных слоёв в разрезе, получают продолжительность отрезка времени накопления этой толщи.

## **Методы исследования генезиса отложений**

*Методы исследования генезиса отложений* образуют большую группу, объединяющую совокупность литолого-петрографических, геоморфологических, геохимических и прочих исследований. Большинство из них могут дать информацию не только о генезисе пород, но и о климатических условиях времени их накопления, значит, оказать помощь в решении стратиграфических проблем. Чаще других применение находят литолого-петрографические и геоморфологические группы методов.

*Литолого-петрографические методы* посвящены изучению вещественного состава, особенностей структур и текстур горных пород.

**ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ** позволяет получить упорядоченную информацию о размере частиц, слагающих осадочную породу. Четвертичные образования в большинстве своём считаются продуктами физического разрушения, которые подверглись переотложению экзогенными силами. Гораздо меньший объём среди них занимают хемогенные и органогенные накопления. Для терригенных пород разработано большое количество классификаций, базирующихся на двух принципах деления частиц по диаметру.

*Первый принцип* – десятичный: основные подразделения пород по конечному диаметру отличаются в 10 раз. *Второй принцип* – генетический: классификации учитывают физические свойства частиц, специфику динамики их осаждения и прочее.

Во всех систематиках обломки разделяются по размеру на четыре группы: **1) грубообломочные (псефиты), 2) песчаные (псаммиты), 3) алевритовые и 4) глинистые (пелиты)**. Проводя гранулометрический анализ, нужно учитывать, что осадок может быть сложен либо однородными по диаметру частицами, либо смесью обломков разного размера. В первом случае применима десятичная шкала Л.Б. Рухина; во втором – двухмерная шкала Н.М. Сибирцева, осно-

ванная на процентном содержании алевритовых и глинистых частиц. Практической основой такого разделения служат полевые и лабораторные гранулометрические анализы. Среди полевых шире всего используются ситовой и визуальный.

**ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗЫ** играют первостепенную роль в литолого-петрографическом изучении пород. Породообразующие и акцессорные минералы осадочных пород делятся на две группы: аллотигенную и аутигенную. **Аллотигенные минералы** привнесены динамическими агентами издалека, из районов разрушения горных пород, а **аутигенные минералы** возникают в составе осадка при его накоплении и диагенезе. Следовательно, изучение минерального и петрографического составов помогает выявлять: области денудации и сноса горных пород; динамику процессов денудации; перспективность региона на наличие полезных ископаемых и непосредственно разведать месторождения.

Кроме того, петрографические и минералогические методы необходимы при проведении палеогеографических реконструкций в стратиграфическом расчленении отложений.

Рассматриваемые методы опираются на признание того, что минеральный и петрографический состав обломочных пород зависят от следующих факторов:

1) климата, определяющего характер и активность процессов выветривания, а значит, и вещественный состав продуктов выветривания.

2) величины денудационного среза, обуславливающей, в первую очередь, вертикальную и горизонтальную зональность продуктов разрушения.

3) динамики агентов, транспортирующих и избирательно сортирующих обломки.

4) миграционных свойств пород и минералов, подвергшихся транспортировке.

При анализе миграционных свойств используются понятия **абразивной прочности** (способности обломков противостоять разрушению при транспортировке) и **миграционной способности** (максимального расстояния транспортировки обломков). Установлено, что миграционная способность минералов тем выше, чем большей абразивной прочностью они обладают. Наоборот, миграционная способность тем ниже, чем больший у минералов удельный вес. Следовательно, максимальной миграционной способностью обладают самые



прочные и, одновременно, самые лёгкие минералы и породы. По миграционной способности их можно разделить на пять групп – от весьма высокой до низкой. Так, весьма высокой миграционной способностью среди минералов отличаются кварц и кислые плагиоклазы, а в числе горных пород – халцедоны, яшмы и кварциты. В группах низкой миграционной способности соответственно значатся гипс, доломит и кальцит, а также мергели, известняки и мраморы.

Примером использования минералого-петрографических анализов может служить *метод изучения руководящих валунов*, считающихся, по сути, аллотигенными. Метод разработан для областей покровных оледенений, и позволяет не только выявлять области ледниковой экзарации и сноса, но и восстанавливать направление движения ледниковых потоков.

Для всей четвертичной толщи доказано, что вниз по разрезу последовательно возрастает содержание пород, отличающихся высокой миграционной способностью. Так, в отложениях нижнего плейстоцена на их долю приходится 50...60% от всех обломков, а в породах верхнего плейстоцена – лишь 25...35%. Указанная закономерность объясняется тем, что на протяжении квартера ледниками, реками и другими силами одни и те же поверхностные накопления многократно переотлагались.

## **Изучение формы обломков и окраски пород**

*Изучение формы обломков* позволяет получать информацию об агенте, их транспортировавшем, и о дальности переноса. Определение формы ведётся только для крупных обломков и песков – очевидно, что они бывают угловатыми и окатанными. Степень окатанности может весьма сильно различаться – она зависит от динамических характеристик агента, дальности переноса, изначальной формы и миграционной способности обломков. Сильнее всего окатывает обломки текучая вода, причём форма возникающих галек определяется не только силой, но и самим характером движения воды. Так, при колебательном (возвратно-поступательном) волновом перемещении в зонах морских и озёрных пляжей образуется дисковидная галька. При поступательном движении руслового потока галька приобретает форму трёхосного эллипсоида. Перенесённые ледником обломки обретают утюгообразные очертания, а подвергшиеся ветровой корразии камни – вид трёхгранных пирамид.

Скорость истирания обломков также различается, в зависимости от их состава, массы и первоначальных размеров. Быстрее и сильнее всего окатываются крупные обломки мягких пород. Было доказано, что максимальная активность истирания пород любого состава наблюдается на первых 60...100 километров пути, а после 200 километров переноса их форма практически не меняется. Вместе с тем, для существенного изменения очертаний песчинок требуется либо транспортировка не менее чем на 700 километров, либо их многократное переотложение.

**Исследование окраски пород** помогает определять их вещественный состав и условия образования. В зависимости от времени и причины возникновения, выделяют три типа окраски: первичный, сингенетический и вторичный.

**Первичная (унаследованная) окраска** определяется цветом породообразующих обломков. Породы приобретают её или в результате господства физического выветривания, или при очень быстром накоплении и захоронении осадка. Белая окраска песков свидетельствует о преобладании кварца, желтоватая – об участии ортоклаза, зеленоватая – глауконита.

**Сингенетическая окраска** всегда заполняет весь слой и зависит от трёх факторов: от цвета породообразующих обломков, от их размера, а также от цвета цементирующего вещества. Характерно, что по мере уменьшения диаметра обломков тональность пород темнеет. Очевидно, что изучение сингенетической окраски помогает восстанавливать палеогеографические условия времени осадконакопления: красно-жёлтый и красный цвета возникают при седиментации породы в жарком влажном и переменном-влажном климате; ржаво-бурый до чёрного – в условиях жарких пустынь; оттенки жёлтого цвета свойственны застойно-водным аккумуляциям.

**Вторичная окраска** возникает после формирования осадка под воздействием различных гипергенных процессов. Поскольку они гораздо сильнее зависят от климата и времени, чем от состава пород, то вторичная окраска может распространяться на разную глубину, никак не согласуясь со слоистостью отложений. Тёмно-серый и чёрный цвета обусловлены пропиткой пород битумом или же растворами, содержащими сернистое железо или соли марганца.

## Исследование текстур четвертичных отложений

Исследование текстур четвертичных отложений позволяет восстанавливать условия осадконакопления. Под *текстурой* понимается совокупность признаков строения горных пород, обусловленных ориентировкой, относительным расположением и распределением составных частей осадочной породы. В зависимости от времени и причины формирования текстуры разделяют на три группы:

➤ *первичные* возникают по ходу осадконакопления, и отражают особенности динамики аккумулирующего геологического агента – к примеру, образование горизонтальной слоистости в стоячей воде;

➤ *вторичные* сингенетичны (одновременны) осадконакоплению, но формируются процессами, не связанными с деятельностью главного агента седиментации – возникновение ледяных жил одновременно с накоплением делювия;

➤ *эпигенетические* связаны с процессами постседиментационного преобразования осадка – образование трещин усыхания на поверхности такыра.

Среди вторичных и эпигенетических текстур наиболее распространены те, которые связаны с мерзлотными и гравитационными процессами.

Наибольшее внимание следует уделять изучению первичных текстур, которые проявляются в слоистости горных пород. Различают слоистость внешнюю и внутреннюю.

*Внешняя слоистость*, или *собственно слоистость*, выражена слоями. Они отличаются друг от друга составом, цветом и др. показателями. Каждый слой возникает при изменении географических условий аккумуляции (например, при переходе речного русла в состояние старицы, слой руслового аллювия перекрывается слоем озёрных отложений). Границы между слоями называют *слоевыми швами* – они бывают чёткими (резкими) и нечёткими (постепенными). В зависимости от толщины слоёв, слоистость разделяется на *массивную* (более 50 см), *крупно-* (50...10 см), *средне-* (10...2 см), *тонко-* (2,0...0,2 см) и *микрослоистую* (доли миллиметра).

*Внутренняя слоистость* иначе называется *слойчатостью*. Наблюдается она внутри слоёв и представлена *слоиками*. Слойки образуются при кратковременных пульсациях транспортирующего агента, но в неизменной фациальной обстановке (например, в русле реки накапливается слой руслового аллювия, в котором заметна косая

слоичатость). Ритмичность пульсаций ведёт к тому, что слойки в разрезе многократно повторяются, и группируются в *серии*. Границы между сериями слойков называются *серийными швами*.

Выделяют *четыре главных типа внутренней слоистости*: косая, косоволнистая, волнистая и горизонтальная. Каждый тип делится на подтипы, виды и разновидности. Кроме того, существует и пятый тип – массивный, который связан с накоплениями, лишёнными внутренней слоистости.

**КОСАЯ СЛОИСТОСТЬ** образуется при самых высоких скоростях перемещения обломков. В ней слойки лежат под значительным углом к серийным швам, границы слойков ровные, а направление падения совпадает с направлением движения потока. Для русловых отложений наиболее характерен *диагональный* подтип косой слоистости: границы серий ровные, наклон слойков одинаков. Дельтовым осадкам свойственен *флексуобразный* подтип: границы серий также ровные, но слойки изогнуты в виде буквы «S». В эоловых отложениях бывает выражен *перекрёстный (клиновидный)* подтип: серийные швы часто срезают друг друга, а рисунок слойков самый разнообразный. Делювиальные накопления отличаются весьма сложной *черепитчато-линзовидной* слоистостью: чередование слоёв смытых пород со слоями погребённых почв; границы слоёв параллельны поверхности склона; маломощные и очень короткие косослоистые серии; быстрая смена ориентировки серийных швов.

**КОСОВОЛНИСТЫЙ ТИП** формируется при умеренных скоростях. Серийные швы здесь уже не ровные, а изогнутые. Кроме того, могут изгибаться и сами слойки – чем ниже скорость, тем сильнее изгиб и меньше угол их наклона.

**ВОЛНИСТАЯ СЛОИСТОСТЬ** характерна для малых скоростей. Границы слойков и серийных швов здесь изгибаются и могут залегать почти горизонтально.

**ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ СЛОИСТОСТЬ** возникает в спокойных условиях осадконакопления (ложе океана, глубоководная часть озера или болото).

Необходимо остановиться на отложениях, в составе которых внутренняя слоистость может отсутствовать. К числу таких накоплений нередко относятся моренные, обвальное-осыпные, и практически всегда – лёссы. По мнению Н.Б. Вассоевича, их текстуру следует называть слоеватой. Такое определение представляется не слишком

удачным – гораздо лучше по отношению к неслоистым осадкам использовать термин **«массивная текстура»**.

Помимо изучения слоистости, необходимо уделять внимание исследованию ориентировки длинных осей крупных обломков. Галечники морских и озёрных пляжей вытянуты длинными осями параллельно берегу. Речная галька в области стрежня ориентирована по направлению течения, а близ берега – под углом. Галечники донной морены, как правило, вытянуты вдоль линии движения ледника.

## **Геоморфологические методы**

*Геоморфологические методы*, используемые в четвертичной геологии, по-своему универсальны – они позволяют решить две важнейших задачи: провести стратиграфическое расчленение поверхностных отложений и выявить их генезис. Столь широкий спектр их возможностей объясняется теснейшей связью, существующей между геологическими и геоморфологическими процессами. Иными словами, определённые процессы разрушения и накопления горных пород ведут к образованию конкретных типов и форм рельефа.

Именно на такую взаимосвязь опираются *методы определения генезиса отложений* (или *морфогенетической диагностики*). Например, экзарационная деятельность мощного горного ледника, спускающегося по речной долине, приведёт к возникновению троговой долины, обладающей закономерными особенностями строения. При таянии этого ледника у его края на дне долины накопятся неотсортированные конечно-моренные отложения, представленные в рельефе асимметричными валами конечно-моренных гряд, ориентированных поперёк долины. Таким образом, условия распространения слабоизменённых аккумулятивных форм рельефа, а также их морфологические особенности служат чёткими индикаторами генезиса отложений, слагающих эти формы.

Использование *методов изучения морфологии геологических тел* обусловлено необходимостью правильной диагностики форм рельефа с целью выявления состава и генезиса слагающих их отложений. Для решения этой задачи анализируется геометрия, морфометрия и морфография рельефа – формам и элементам рельефа даётся количественная характеристика (высота, длина, ширина, уклон поверхности и прочие показатели). Такие исследования проводятся ин-

струментально: либо в полевых условиях, либо в камеральных – путём замеров по топокартам, аэро- и космическим снимкам.

**Методы определения относительного возраста отложений** используются в стратиграфии квартера и базируются на установлении относительного возраста форм рельефа. Среди них выделяют ряд частных методов. **Метод возрастных рубежей** позволяет довольно точно устанавливать возраст аккумулятивной формы. Для этого необходимо знать возраст прилегающих к ней форм, идентичных по генезису, но возникших раньше или позже изучаемой. Например, вторая надпойменная терраса всегда будет моложе третьей, но старше первой. **Метод наложенных форм** отличается меньшей точностью. Суть его также чисто стратиграфическая: для выявления относительного возраста наложенной формы надо знать возраст погребённой под нею формы (и наоборот): из двух моренных горизонтов более древним окажется подстилающий.

**Метод аналогий** обладает ещё меньшей точностью. Если на территориях, сходных геоморфологически, геологически и географически, представлены идентичные формы рельефа, сложенные такими же горными породами, и в той же степени денудированными, то возраст этих форм совпадает. Примерно тем же уровнем точности обладает и **метод анализа степени денудированности** – чем раньше возникла какая-либо форма рельефа, тем дольше на неё воздействовали процессы денудации. Следовательно, из нескольких генетически аналогичных форм рельефа, находящихся в одинаковых природных (климатических) условиях, самой древней будет та, которая сильнее всего изменена денудацией – для более старых положительных форм свойственны уплощённые вершины, выположенные склоны и большая мощность делювиального шлейфа у подножий.

Кроме перечисленных, в исследовании четвертичных отложений применяются археологические, палеокриологические, геофизические и геохимические, а также целый ряд других методов, анализу которых посвящена специальная литература.

## ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Поскольку генетические типы отложений составляют основу геологического картирования четвертичных отложений, следует знать их краткую характеристику для континентальных образований.

**Элювий** – топографически не смещённые рыхлые продукты выветривания горных пород, формирующие кору выветривания. Различаются термофракционный, криогенный и хемоморфный элювий. **Термофракционный элювий**, связанный с температурным выветриванием в аридных и семиаридных зонах, а также **криогенный элювий**, обязанный морозному выветриванию и обстановке полярного и нивального климата, отличаются грубообломочным составом (преимущественно щебень, дресва, глыбовые накопления с небольшим количеством песчано-алевритового материала) и небольшой (порядка 1–3 м) мощностью. **Хемоморфный элювий**, образующийся при химическом выветривании в условиях влажного тёплого климата (**сиаллитный элювий**), представлен глинистыми образованиями (каолинитом и другими глинистыми минералами) слоем до многих десятков метров; в условиях влажного жаркого климата формируется **аллитный элювий**, представленный в основном гидроксидами алюминия и железа.

**Почвы** (автоморфные, гидроморфные) представляют результат сложного процесса почвообразования, составной частью которого служит органическое выветривание. Для почв характерны обилие органического вещества в верхней части, вертикальная зональность, разнообразие состава (в зависимости от климата, состава исходных пород и геоморфологических условий) и небольшая мощность, обычно от одного до двух метров.

**Обвальные накопления** – несортированные по размеру, преимущественно щебнисто-глыбовые отложения, у подножий крутых горных склонов, образующиеся при эпизодически проявляющихся обвалах крупных блоков скальных пород. При катастрофических обвалах объём вовлекаемых в обрушение пород достигает многих миллионов кубических метров.

**Осыпные накопления** представляют собой массы глыб и щебёнки, отделяющихся от скальных горных пород склона постепенно, по мере развития физического выветривания, и осыпающихся вниз по склону под действием гравитации. Эти отложения, как и обвальные,

наиболее широко развиты в горных странах, особенно в зонах аридного и семиаридного климата.

**Оползневые накопления** образуются при соскальзывании крупных блоков (блоковые оползни) или разрушенных масс (поточные оползни) горных пород по возникающим в массиве склона разрывным поверхностям. Оползни характерны для горных районов, сложенных толщами типа флиша (серии морских осадочных пород) или глинистых сланцев, и для крутых высоких склонов речных долин равнинных участков, сложенных песчано-глинистыми породами; тяготеют к областям гумидного климата.

**Солифлюкционные накопления** (дефлюксий, солифлюксий) – разнообразные по составу (от глин и суглинков до щебней и глыбовых скоплений, в зависимости от слагающих склоны горных пород) несортированные отложения мощностью от одного (двух) до нескольких десятков метров, образующиеся при медленном течении переувлажнённого рыхлого материала склонов. Характерны для областей развития вечной мерзлоты, а также влажного экваториального климата.

**Делювий** образуется на склоне (или у его подножия) в результате сноса рыхлого материала временным поверхностным плоскостным стоком дождевых и талых снеговых вод. Гранулометрический состав делювия зависит от характера исходных пород и от крутизны склона. На пологих склонах преобладают супесчано-суглинистые отложения, на более крутых склонах горных стран – супесчано-щебнистые отложения (горный делювий). Мощность делювия увеличивается: вниз по склону от долей метра до 5...10 метров и более. Для него характерны признаки водной сортировки, выраженные в уменьшении крупности частиц вниз по склону (в этом направлении следуют присклоновая, срединная и периферическая (или низовая) фации) и снизу вверх в каждом сечении толщи, в наличии слоистости параллельной склону и частичной обработанности обломков. Делювий наиболее полно развит в зоне семиаридного климата.

Описанные выше пять последних генетических типов отложений объединяются в **склоновый**, или **коллювиальный ряд**. Обвальные, осыпные, оползневые и солифлюкционные накопления составляют гравитационную серию, так как ведущим фактором их образования является масса смещающихся со склонов осадков. По признакам динамики смещения материала Е.В. Шанцер подразделяет их на группы **коллювия обрушения** (обвальные и осыпные накопления)



и **коллювия сползания** (оползневые и солифлюкционные накопления). Делювий образует особую делювиальную группу, или группу коллювия смывания, поскольку накапливается из материала, смываемого со склонов водами временного плоскостного стока.

**Аллювий** – это генетический тип сложных по строению и условиям образования отложений всех русловых водных потоков, включая и временные потоки. Среди собственно аллювиальных отложений выделяются русловая, пойменная и старичная фации. **Русловая фация**, формирующаяся турбулентным водотоком в пределах его русла, представлена сортированными гравийно-песчаными косослоистыми отложениями (на равнине) или галечниками (в горах). **Пойменная фация** связана с осаждением взвешенных частиц на периодически (в половодья) затопляемой пойме и представлена маломощным покровом супесей и суглинков с линзами песка. **Старичную фацию** образуют отложения, заполняющие впадины бывшего русла и представленные в основном алевритоглинистыми отложениями, часто с прослоями торфа. Наиболее полно эти фации развиты в аллювии равнинных рек, нормальная мощность которого соответствует разнице высот между дном русла и уровнем паводковых вод. Для горных рек характерны развитие русловой и слабое развитие или отсутствие пойменной и старичной фаций.

**Пролувий** представляет собой отложения субаэральных концевых выносов эрозионных долин, формирующие конусы выноса и наземные дельты. Типичными его разновидностями служат пролувий постоянных рек и пролувий временных водотоков. В пролувии рек различаются потоковая, веерная и застойно-водная фации. **Потоковая** – свойственна вершинной зоне конуса выноса. Она представлена галечниками, содержащими линзы валунников, глинистых щебней и суглинков. **Веерная фация**, слагающая внешнюю зону конуса выноса, представлена супесями, суглинками, реже песками. **Застойно-водная** фация, развитая не всегда, свойственна периферии конуса выноса и сложена карбонатными глинами, супесями и мергелями. Мощность пролувия, наибольшая в вершинной зоне, колеблется от нескольких до десятков и даже сотен метров. Пролувий большой мощности образуется у подножий воздымающихся по разломам гор, преимущественно в аридной и семиаридной зонах.

**Озёрные отложения** включают сложный комплекс формирующихся в озёрах осадков, состав и мощность которых зависят от происхождения и размера озёр, геологического строения местности, гид-

рологического режима, фациальной обстановки, стадии развития озера и климатических условий. Для влажного климата характерны терригенные (от глин до галечников) и органогенные, для засушливого климата – хемогенные осадки.

**Пещерные (подземно-водные) отложения** развиваются в карстовых полостях среди известняков, доломитов, гипсов и других растворимых пород. Они, в основном, представлены:

- 1) нерастворимым глинисто-алевритовым материалом – остатком, образующимся при выщелачивании карстующихся пород;
- 2) обвальными накоплениями за счёт обрушения сводов и стен пещер;
- 3) обломочным материалом подземных рек и озёр;
- 4) хемогенными натечными и субаквальными образованиями; биогенными отложениями – скоплениями костей и экскрементов летучих мышей и птиц;
- 5) отложениями «культурного» слоя, связанного с жизнедеятельностью человека.

**Известковые туфы и травертины** образуются из минерализованных вод источников и представлены пористой или кристаллической карбонатной породой в виде натечных форм. Отложения характерны для областей развития карбонатных пород.

В **группе собственно ледниковых отложений** выделяются основные и краевые, а в горных ледниках, кроме того, – боковые и срединные морены.

**Основные морены** отлагаются на всей площади растекания ледника. В них различают базальную и абляционную фации. **Базальные морены** образуются под покровом движущегося ледника из обломочного материала, возникающего за счёт экзарации пород ледникового ложа и заключённого в придонных частях толщи льда. Они представляют беспорядочную смесь частиц различных размеров, от глинистых до крупных валунов. Характерной литологической их разновидностью служит валунный суглинок – сильно уплотнённый, неслоистый, с различным количеством щебёнки, гальки и валунов различных пород, обычно чуждых данной местности. Мощность отложений колеблется от пяти до 50 метров. **Абляционные морены** образуются из оседающего при стаивании ледника обломочного материала. Из-за обработки талыми водами они более опесчанены и обогащены крупнообломочным материалом.

В областях развития основных морен материковых или равнинных оледенений есть скопления холмов, *друмлин* (рис. 1), что с древнеирландского языка переводится как «гребень холма». По сути, друмлины – это вытянутые по движению льда на один (два) километра холмы, высотой от 15 до 40, при ширине от 400 до 600 метров.

*Краевые* (или *конечные*) *морены* формируются при длительном стационарном положении края ледника при участии талых ледниковых вод, в связи с чем в их составе преобладают гравийные пески, насыщенные галькой и валунами. Мощность таких морен иногда достигает 100 и более метров.

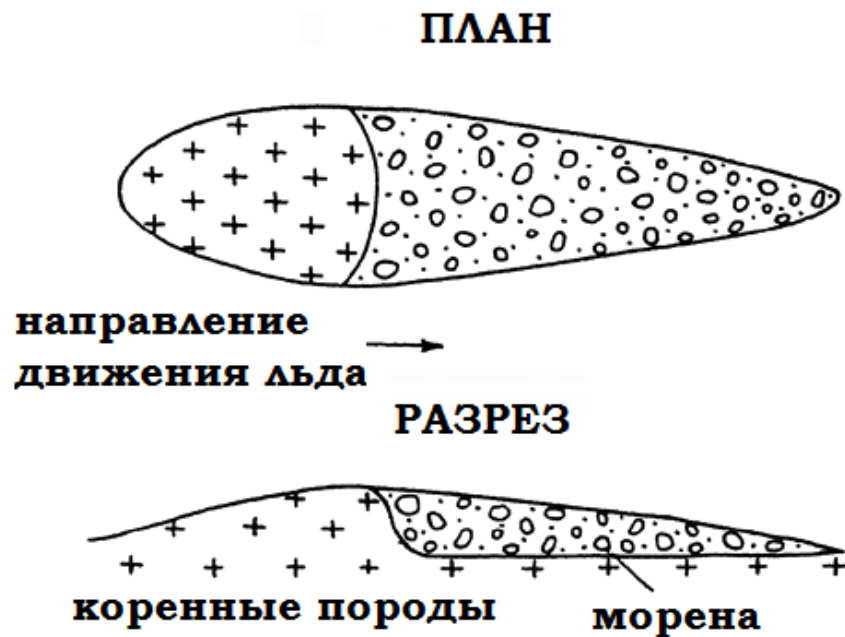


Рис. 1. Схема строения друмлина

В горных ледниках от основных морен отличают *боковые* и *срединные морены*, вытянутые вдоль движения ледника и насыщенные обломочным материалом, поступающим со склонов троговой долины (от нем. trog – корыто).

*Водно-ледниковые отложения* включают флювиогляциальные и озёрно-ледниковые отложения.

*Флювиогляциальные отложения* сформированы осадками потоков талых ледниковых вод и поэтому обнаруживают некоторое сходство с аллювием. Они разделяются на внутриледниковые и приледниковые отложения.

*Внутриледниковые флювиогляциальные отложения* представлены: а) косо- и горизонтально слоистыми песками, гравием, галечниками и валунами озов (рис. 2) – извилистых валов и гряд высотой до 20...50 метров, ориентированных поперечно к конечным мо-

ренам, и б) песками, супесями и суглинками камов – обширных холмов с пологими и крутыми склонами высотой от 10 до 20 метров; различаются флювиокамы (рис. 3), связанные с водными потоками, и лимнокамы, образующиеся в ледниковых озёрах и характеризующиеся горизонтальной, нередко нарушенной, слоистостью.

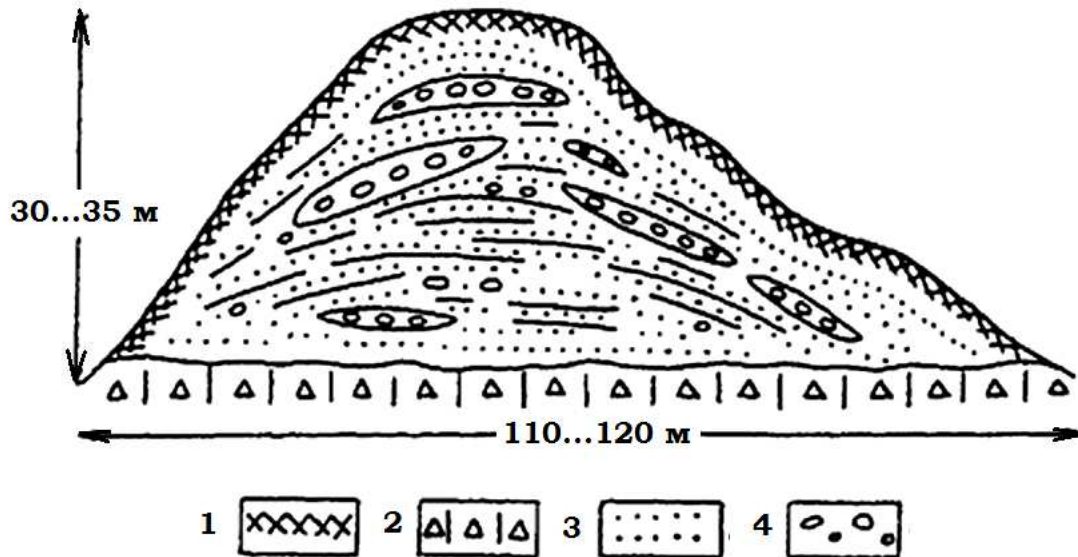


Рис. 2. Поперечный разрез оза: 1 – почва; 2 – валунный суглинок; 3 – песок; 4 – галечник

**Приледниковые флювиогляциальные отложения** представлены в основном песками зандров (рис. 4), в сторону к леднику переходящими в гравийно-галечные отложения, а к периферии – в суглинки.

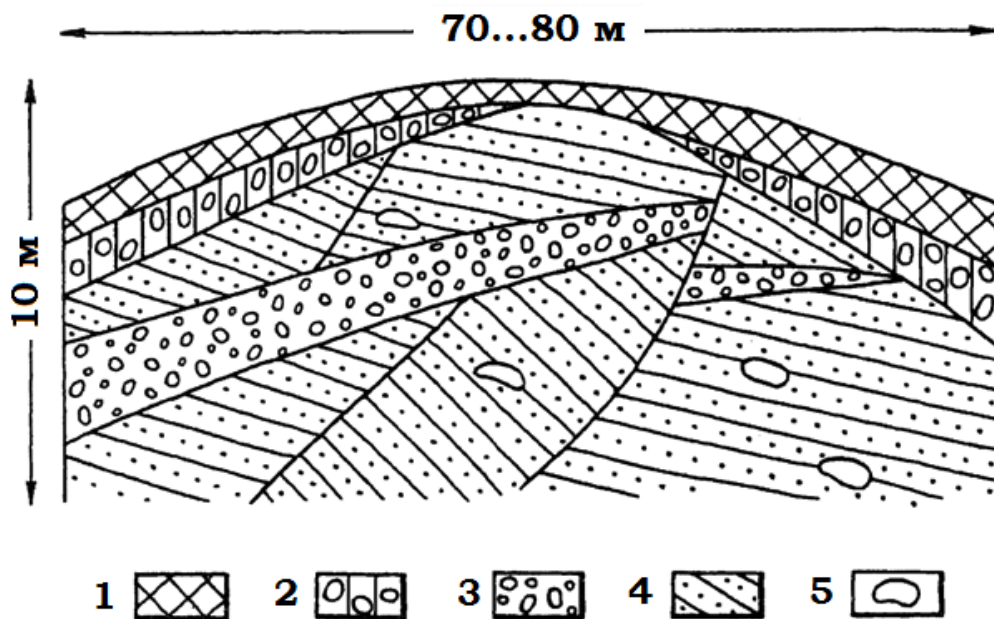


Рис. 3. Разрез флювиокама: 1 – гумусированная супесь; 2 – чехол супесей с валунами; 3 – галечники и гравий; 4 – пески косослоистые; 5 – отдельные крупные валуны

**Покровные суглинки** представляют собой проблематические образования, примыкающие к ледниковому ряду. Это безвалунные неслоистые суглинки, покрывающие маломощным плащом различные элементы рельефа, в том числе плоские водоразделы. Они распространены в ледниковой и приледниковой областях. Генезис их недостаточно изучен. Возможно, часть из них отлагалась в наледниковых озёрных бассейнах, часть связана с удаленными фациями стока талых вод, часть имеет делювиальный генезис. В более южных районах возможно участие в их составе эоловой пыли.



Рис. 4. Типичный разрез флювиогляциальных зандровых отложений

**Озёрно-ледниковые отложения** представлены тонко- и горизонтально-слоистыми песками, алевритами и глинами, накопившимися в приледниковых озёрах. Весьма характерны ленточные отложения, состоящие из правильного чередования тонкозернистых светлых песков или алевритов, образующих летние слои, и тёмных глин, слагающих более тонкие (доли миллиметра – первые миллиметры) зимние слои.

**Эоловый (ветровой) ряд** включает, как генетические типы, эоловые пески и лёссы, и вулканический пепел. **Эоловые пески** образуются в основном в результате ветровой переработки песчаных, морских и озёрных отложений, а также выветривания коренных пород в каменистых пустынях. Пески хорошо сортированы по величине зёрен – округлых, нередко отшлифованных, представленных, преимущественно, кварцем. Пески формируют бугры, гряды, барханы и дюны.

**Эоловые лёссы** связаны с переносом ветром и осаждением тонких частиц на различных формах рельефа, в том числе на водоразделах. Они представляют собой породу, в основном состоящую из

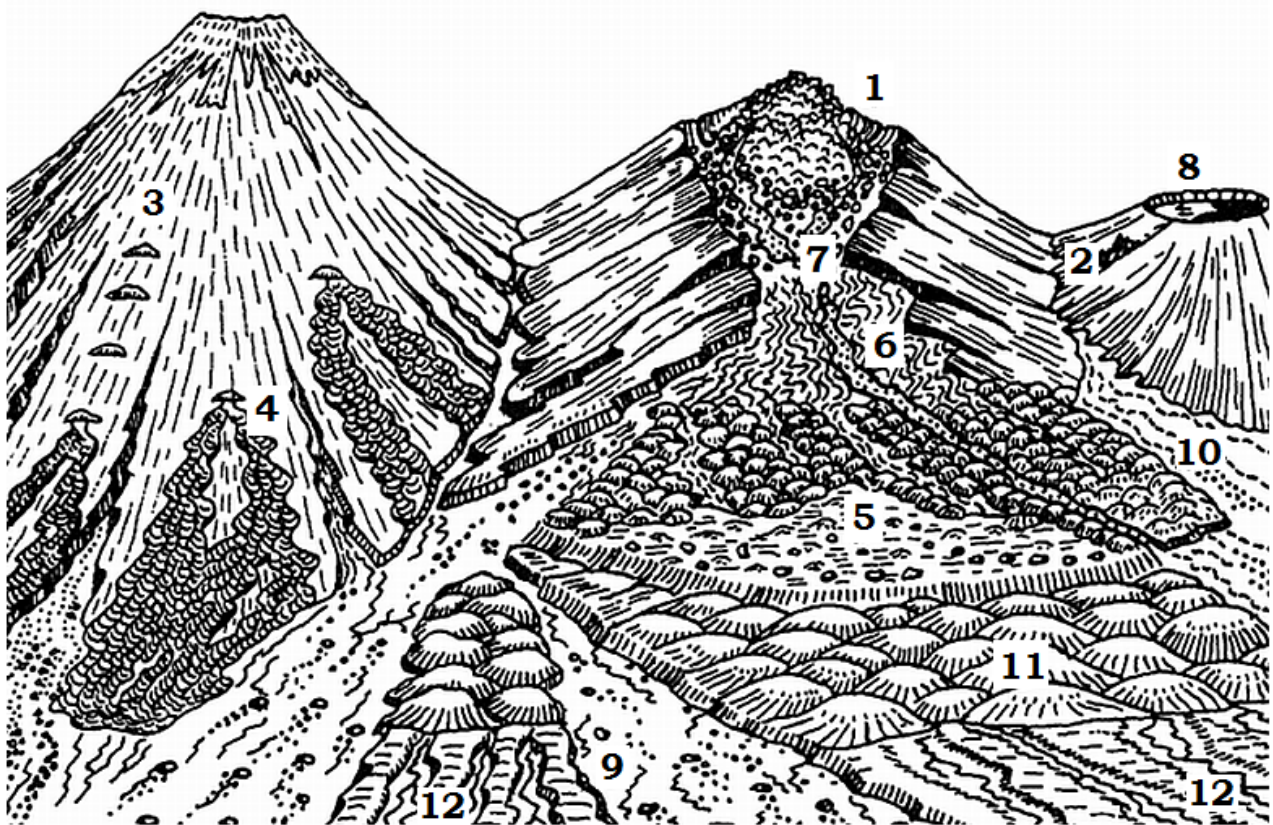


кварцевых частиц, размером 0,005...0,05 миллиметров, неслоистую, мелкопористую и карбонатную; образуются в засушливой обстановке с мощностью до многих десятков метров.

**Вулканический пепел** образуется за счёт осаждения вулканической пыли, удалённо отнесённой ветром и выпадающей вне вулканической области. Формирует он тонкие прослойки, залегающие среди отложений других генетических типов, и резко отличается от последних составом (осколки вулканического стекла) и полной неокатанностью частиц самой разнообразной формы.

К **биогенному ряду**, тесно примыкающему к почвам, относятся автохтонные торфяники (низинные и верховые).

**Вулканический ряд** в качестве генетических типов континентальных образований (рис. 5) включает излившиеся (лавы) и пирокластические отложения: рыхлые несцементированные (пирокластиты) – вулканические бомбы, лапилли (от лат. lapillus – камешек; мел-



**Рис. 5. Отложения на склонах вулкана и у его подножья:**

- 1 – растущий экструзивный купол; 2 – экструзия на склоне вулкана;
- 3 – шлаковые конусы; 4 – лавовые потоки, излившиеся из побочных кратеров;
- 5 – равнина, сформированная отложениями направленного взрыва;
- 6 – пирокластические потоки; 7 – отложения раскалённых лавин;
- 8 – древний кратер; 9 – лахары; 10 – пролювиальные отложения;
- 11 – холмистая морена; 12 – флювиогляциальные отложения

кие округлые или неправильной формы куски лавы, размерами от горошины до грецкого ореха, выброшенные во время извержения вулкана вместе с вулканическими бомбами и пеплом), вулканический песок, пепел, и сцементированные (*пирокластолиты*) туфы и туфобрекчии. К вулканическому ряду также относятся лахары и отложения гейзеров. *Лахары* представляют собой отложения грязевых потоков, возникающих на склонах вулкана при смешивании холодного или раскалённого пирокластических материалов с водами ливневых дождей, рек, талыми водами ледников и кратерных озёр.

*Отложения гейзеров* образуются из минерализованных вод горячих источников – гейзеров и представлены кремневым туфом (*гейзеритом*) – опалом, иногда с примесью глинозёма.

*Псевдо-вулканический ряд* включает отложения грязевых вулканов, которые состоят из сопочной брекчии, представляющей собой отвердевшие продукты их извержения. В сопочной брекчии различаются обломки пород и переработанная илистая основная масса грязи, минеральный состав частиц которой сходен с составом обломков.

*Техногенный ряд* континентальных образований связан с производственной деятельностью и бытом человека. По способу образования, назначению и составу в этом ряду выделяются горнопромышленные, строительные, ирригационные и хозяйственно-бытовые накопления.

Кроме перечисленных образований существуют *отложения смешанного происхождения* (эолово-делювиальные, пролювиально-аллювиальные, аллювиально-морские и прочие отложения), которым свойственны признаки пород различных генетических типов.

## **ЭКЗОГЕННЫЙ РЕЛЬЕФ КОНТИНЕНТОВ**

### **Склоновые процессы, формы рельефа и отложения**

*Склоны* объединяют днища низменностей с поверхностями возвышенностей любого генезиса. По склонам осуществляется совместное действие процессов склоновой денудации и транзита обломочно-го материала от водоразделов до днищ долин или другого промежуточного базиса денудации. Главным действующим фактором служит сила тяжести, поэтому на склонах преобладают гравитационные про-

цессы: обвалы, оползни, осыпи, перемещение делювиальных и солифлюкционных покровов и прочие.

**ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ СКЛОНОВ.** По генетическому признаку склоны подразделяются на эндогенные и экзогенные.

**Эндогенные склоны** – это наклонные поверхности, непосредственно связанные с морфологическим становлением различных порядков. Основные параметры (крутизна, высота, простираие и др.) зависят от типа деформаций и их новейшего развития. Эндогенные склоны моделируются экзогенными процессами.

Эндогенные сложные склоны характеризуются весьма значительной протяжённостью и большой высотой (в горных странах высота – до первых километров, протяжённость – до первых сотен километров; на платформах высота может превосходить один (два) километра).

**Экзогенные склоны** – это наклонные поверхности, формирующиеся в результате непосредственного воздействия экзогенных процессов. Они не соответствуют элементам тектонических деформаций, но отдельные параметры (крутизна и др.) косвенно зависят от внутреннего строения и характера общих новейших движений.

Строение **полигенных** склонов определяется сочетанием эндогенных и экзогенных поверхностей.

Крутизна и её изменение зависят от соотношения эндогенных ( $T$ ) и нивелирующих экзогенных ( $D$ ) процессов:

$T > D$  – крутизна со временем возрастает;

$T = D$  – динамическое равновесие, сохранение общей крутизны;

$T < D$  – выполаживание склона.

Форма склонов может быть прямой, выпуклой и вогнутой. Американский геолог Уильям Дэвис сопоставлял прямой склон с вздыманием и активным развитием глубинной эрозии, а вогнутый считал формой, характерной при снижении скорости положительных вертикальных движений и уменьшении активности эрозионных процессов.

Важная характеристика склонов их ступенчатость. Весьма интересна ступенчатость, отражающая направленный импульсивный рост поднятий и впадин – она служит общей для крупных регионов и выделяется как региональная (в отличие от локальной, обусловленной местными причинами).

**Склоны и коррелятивные отложения областей горообразования и платформенных равнин.** Для геоморфологической характеристики склонов и аккумулятивных форм принимается подразделе-



ние, данное Е.В. Шанцером, с дополнениями по Г.С. Золотарёву и С.С. Воскресенскому. По генезису, морфологии, внутреннему строению и характеру перемещения обломочного материала выделяются обвальнo-осыпные, десерпционнo-солифлюкционные, делювиальные, оползневые и сложные полигенные группы склонов. Их образование обусловлено сочетанием орографических и климатических условий, которые предопределены новейшим эндогенным развитием рельефа.

На склонах, с крутизной более  $35...37^{\circ}$  (угол естественного откоса), преобладают обваливание и осыпание. При крутизне менее угла естественного откоса, но более  $12...15^{\circ}$  развиваются процессы оползания, часто сочетающиеся с делювиальным смывом и массовым движением обломков, покрывающих склон. На пологих (в том числе с крутизной  $1...2^{\circ}$ ) склонах происходят делювиальный смыв и массовое движение чехла обломков (дефлюкция, солифлюкция, курумы, «мерзлотный крип» и прочие).

**I. ОБВАЛЬНО-ОСЫПНАЯ ГРУППА СКЛОНОВ** включает обвальные, осыпные и переходные полигенные типы. Наибольшее развитие обвальнo-осыпная группа склонов имеет в пределах ущелистых долин глубоко расчленённого горного рельефа. В высоких горных сооружениях условия формирования осложняются местными климатическими условиями.

При крутизне склонов более  $35^{\circ}$  частица горной породы, отделённая от коренного склона без дополнительного импульса, начинает двигаться под действием силы тяжести. При объёме отделившихся блоков более  $10 \text{ м}^3$ , процесс называется **обваливанием**, при меньшем – **осыпанием** или **камнепадом**.

Общими причинами обвальных и осыпных процессов считаются нарушения целостности склона. Отделение глыб и мелких обломков и движение вниз обвальнo-осыпных масс могут произойти из-за внезапного или быстрого возрастания веса окраинных и достаточно выветрелых пород.

**I. Обвальные склоны**, как правило, приурочены к осыпным, поэтому гравитационные отложения образуют полигенную обвальнo-осыпную толщу.

Подготовка к обвалу охватывает длительное время и состоит, в основном, в формировании крутого склона. Силы сцепления нависшего блока со склоном становятся меньше составляющей силы тяжести, направленной под углом к поверхности склона, и блок обвалива-

ется. Силы сцепления обычно бывают ослаблены дополнительными усилиями – непосредственной причиной обвала.

В верхней части обвального склона находится ниша, поверхность которой имеет форму полусферы или её части. Иногда срыв происходит по плоскости напластования или зоны дробления. Ниже – субгоризонтальная беспорядочно бугристая поверхность, образованная обвальными нагромождениями – аккумулятивная часть обвального склона.

К обвалу приводит отседание склонов. Оно особенно чётко наблюдается по краям платообразных междуречий, нижняя часть склонов которых сложена породами, способными к пластичной деформации, а верхняя – прочными вертикально-трещиноватыми породами. Необходимая глубина вреза долин – более 150...300 метров.

С обвалами связаны природные плотины, состоящие из обвально-осыпных масс, загромождающих дно ущелистых долин. Выше них образуются завальные озёра. Обвалы также могут вызывать *сели* – грязевые и грязекаменные потоки, катастрофически быстро формирующиеся в речках, внезапно загромождаемых обвальными массами.

**2. Осыпные склоны** характеризуются гравитационной сортировкой – большие обломки накапливаются на удалении от подножия склонов, ввиду того, что обладают большей энергией, чем мелкие.

Различают следующие **типы осыпных скоплений**:

**а)** рыхлого сложения – обломки различных размеров с пустотами между ними (перемещаются в результате несвязного скатывания – осыпания);

**б)** плотного сложения – пустоты заполнены мелкозёмом (характерно полусвязанное движение материала);

**в)** покровы двучленного строения (характер движения материала дифференцированный – несвязное в верхней и полусвязанное в нижней частях);

**г)** подстилаемые древней мореной, иногда с линзами погребённого льда (на движение влияет пластичное состояние морены; движение сложное – десерпционно-осыпные при сползании и обвально-оползневое – при скольжении нижней части);

**д)** солифлюкционно-осыпные покровы – формируются в областях распространения вечной мерзлоты в периоды оттаивания и обводнения осыпей на склонах.

По морфологии в пределах обвальных склонов выделяются *площадные* и *линейные* формы накопления обломочного материала:

*а) покровы* формируются на полого-наклонных водоразделах и весьма пологих склонах (характерно совпадение областей питания и распространения; часто имеют равнонаправленные очертания);

*б) потоки* – преобладают на крутых склонах; имеют линейно-вытянутые очертания в виде полос, расширяющихся в пьедестальной части склонов (в вершине потока обычно располагается крутой скалистый участок склона, наряду с субстратом, служа источником его питания; намечается частичная дифференциация областей питания и распространения; по сравнению с покровами, потоки обладают большей подвижностью и лучшей сортировкой материала);

*в) конусы накопления с желобами стока* – это линейные формы, наиболее характерные для областей, где главными элементами рельефа служат склоны (области питания, транспорта и накопления четко разделены; среди конусов выделяются конусы без желоба стока, с выработанным желобом стока разной степени выраженности (вплоть до древовидных обводненных конусов накопления), конусы с хорошо разработанной нишей отрыва; слияние конусов создает единый фронт осыпей основания).

**3. Лавины** подразделяются на каменные и снежно-каменные лавины. *Каменные лавины* – это следствие возникновения крупных обвалов, сопровождающихся оползневыми явлениями. При пересечении водных источников, лавина испытывает обводнение и может перейти в «жидкий» поток-оползень. При поступлении материала в реку возникает *сель*. Скорость движения каменных лавин 50...100 км/час. Каменные лавины тяготеют к экстр-гляциальным районам.

*Снежно-каменные лавины* образуются при захвате подвижным потоком фирна и снега склоновых обломочных покровов. Количество обломков по отношению к снежным массам не превышает первых процентов.

**3. Переходные полигенные склоны** наиболее распространены. К ним относятся обвальная осыпь и обвальная оползневая.

**II. ОПОЛЗНЕВАЯ ГРУППА СКЛОНОВ.** Под оползанием понимается смещение горных пород на склонах, при котором преобладает скольжение по имеющимся или формирующимся по их системе поверхностям.

Факторы оползнеобразования подразделяются на: статические и динамические.

**Статические факторы:** *А* – геологические – особенности, определяющие строение склона; *Б* – орографические – крутизна склона, высота, общая форма и др.

**Динамические факторы** – это деформации, испытывающие новейшие и современные движения.

Процессы оползания связаны с подземными водами, которые стимулируют отрыв и соскальзывание массива, изменяя горные породы и их свойства. Атмосферные воды приводят к выветриванию пород, слагающих склон, и питают влагой тело оползня.

**Активные экзогенные факторы** – процессы, воздействующие на склоны (эрозия, абразия, суффозия и гидродинамическое давление, оказываемое потоком подземных вод на оползневой массив). Активность экзогенных процессов зависит от новейшего тектонического развития склона, а в сейсмичных районах – от частоты и балльности землетрясений. Образованию оползней также способствует «вредная» деятельность человека.

**Морфология оползневых склонов.** В верхней части оползневого склона размещается *стенка отрыва*, или *надоползневой уступ* – крутой, иногда – вертикальный, неровный. В коренном склоне параллельно ему развиваются *системы зияющих трещин растяжения*. Ниши отрыва имеют различную форму.

В крупных сложных оползнях в большинстве случаев выделяется две части:

1) верхняя – *структурная*, или *глыбовая* – в её пределах частично сохраняется первоначальное строение пород (в рельефе глыбы образуют системы массивов, расположенных ступенчато; поверхность ступеней наклонена к стенке отрыва и часто заболочена вдоль контакта отдельных глыб; глыбовая часть обычно разбита на блоки);

2) нижняя – *аструктурная*, – представляет сильно перемятые породы с обломками более устойчивых разностей (в её рельефе выделяются *бугры пучения*, чередующиеся с часто заболоченными западинами).

Тело оползня лежит на поверхности скольжения (*динамическая поверхность*). *Подощва оползня* – это выход плоскости скольжения на поверхность у подножия оползневого склона. Тело оползня разбито системой боковых трещин (результат трения тела оползня при перемещении). Внешняя сторона оползневого языка осложнена систе-

мой лобовых трещин, связанных с распластованием оползневых масс на поверхности.

Глубина захвата пород оползневым процессом на склоне называется **уровнем оползания**, который может располагаться выше и ниже сопредельного базиса эрозии. Если уровень оползания лежит выше базиса эрозии, то оползни называются **деляпсивными**, или соскальзывающими со склона; если ниже – **детрузивными**, или оползнями выдавливания.

Выделяется несколько **генетических типов оползней**:

➤ **консистентные** – связаны с изменением консистенции пород и переходом глинистых отложений в пластичное и текучее состояние при увлажнении;

➤ **суффозионные** – образуются в результате разрыхления материала при выносе мелкозёма;

➤ **суффозионно-консистентные** – образуются при сочетании обеих причин.

Деляпсивные и детрузивные оползни могут развиваться независимо в различных участках оползневого склона и последовательно на одном и том же участке.

**Группа деляпсивных оползней** характеризуется вязким течением, в результате которого формируются **сплывы** – малые оползневые тела.

**Стадии развития оползневого склона:** 1) срыв растительности по выветренной части четвертичного покрова; 2) смещение этой выветренной части по уплотнённой и всех четвертичных отложений по коренным с последующим разрушением коренных пород, с многократным соскальзыванием оползневых массивов и профилированием в рельефе склона оползневых террас.

В лёссовидных толщах, залегающих на скальных породах, при быстром увлажнении образуются **оползни-потоки**, возникающие в результате сброса вязкотекучих масс; они могут следовать по долино-образным понижениям и при поступлении в реки разбавляются и трансформируются в сели.

**Группа детрузивных оползней.** В процессе перемещения оползневого массива идёт деформация пород в основании оползневого склона. Подвижность оползня усиливается, если он подмывается рекой. При глубоком захвате пород процессом оползания, в ней могут возникать острова, сложенные выдавленными массами оползня.

Детрузивные оползни выдавливания могут формироваться при залегании неустойчивых пород под устойчивыми. На высоких горных склонах сложного внутреннего строения оползни начинают перемещаться по слабым зонам склона, сложенного скальными породами.

Также такие оползни возникают при наличии в средней и нижней частях склона водоносных мелкозернистых песков-пльвунов.

**III. ДЕЛЮВИАЛЬНЫЕ СКЛОНЫ** и коррелятивные им отложения средних широт – это образования, возникшие в результате струйчатого или бороздчатого смыва частиц почвы или грунта с наклонных поверхностей дождевыми и талыми водами и отложения продуктов разрушения в виде плащеобразных покровов делювия. В их формировании наиболее существенное значение имеют:

- количество и характер осадков,
- крутизна склона,
- физико-механические и другие свойства пород, слагающих склон,
- степень консервации почвы растительным покровом.

Отложившийся материал называется *делювием*, который слагает *делювиальные шлейфы* мощностью от одного до 20 метров. Для делювия характерны однородность, вертикальная отдельность, пористость 30-50%, слегка заметная слоистость, карбонатность и наличие горизонтов погребённых почв. Накопление делювия на шлейфах – импульсивное. Средняя интенсивность осадконакопления – десятые доли миллиметра/год.

Форма делювиальных склонов близка к тупоугольному треугольнику высотой в первые десятки метров и основанием в сотни метров и первые километры. В верхней части мощность делювия незначительна, к основанию она возрастает и вновь уменьшается к периферии.

Часто в строении делювия выделяется две части с условной границей между ними: нижняя (может обладать неправильной слоистостью, косвенно отражающей строение коренных пород) и верхняя (обычно представлена супесчаными и суглинистыми разностями, характеризуется монотонным строением и большой однородностью снизу вверх по разрезу). Делювий утратил связь с коренными породами в результате многократного переотложения и перемещения.

Выделяются две климатические обстановки формирования делювиальных склонов:

1) гумидная – наиболее благоприятна для образования типичных делювиальных склонов (их выделяют в подтип делювиальных склонов с преобладающим плоскостным сносом, характерным для пологих поверхностей гумидных регионов);

2) семиаридная – отличается сложным процессом смыва, сочетающим плоскостной и полулинейный снос (он происходит по системам хорошо разветвленных борозд глубиной от двух до 10 сантиметров, закладывающихся на расстоянии от первых десятков сантиметров до первых метров; из борозд, в дальнейшем, могут развиваться более крупные формы).

В делювиальных шлейфах относительно крутых склонов областей с субаридным климатом Е.В. Шанцер выделял три зоны осадко-накопления и коррелятивных им фаций:

1) **верхняя (привершинная) зона** характеризуется спадом скоростей отложения при сохранении турбулентного характера стока (здесь отлагается наиболее грубый материал, выполняющий тупой угол конуса, образованный шовной частью склона и его основанием);

2) **зона отложений субламинарного потока** с неясной слоистостью, обусловленной различным механическим составом и сортировкой (ниже по склону);

3) **зона устойчивого ламинарного режима** (имеет наибольшее распространение) – в её пределах отлагается наиболее тонкий, пылеватый и глинистый, материал.

#### **IV. СКЛОНЫ, СФОРМИРОВАННЫЕ МАССОВЫМ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ОБЛОМОЧНОГО МАТЕРИАЛА.**

Главным процессом, формирующим склоны, выступает массовое движение чехла обломков. По консистенции склоновые образования могут быть твёрдыми, пластичными и текучими. На неё существенное влияние оказывают: форма частиц, агрегатное состояние воды, наличие коллоидов в растворах и кристаллизационные связи.

**Солифлюкция** – это жидко- и вязкотекучее движение увлажнённых тонкодисперсных грунтов и почвы на склонах, развивающееся в результате их промерзания, протаивания и действия силы тяжести. Скорости обычно измеряются несколькими сантиметрами в год.

Солифлюкция свойственна территориям с широким распространением вечной мерзлоты и мёрзлых рыхлых пород, которые при замерзании концентрируют в себе влагу. При оттаивании повышенная влажность мелкозёма создаёт грунту жидкотекучую консистенцию.

В умеренных широтах происходит медленное вязкотекучее движение грунта, свойственное, главным образом, хорошо увлажнённым нижним частям склонов. Этот процесс называется *медленной*, или *закрытой солифлюкцией*, ввиду того, что наблюдается в условиях сохранения растительного покрова. В условиях влажных тропиков такой процесс называется *тропической солифлюкцией*.

*Дефлюкция* – медленное смещение грунта при вязкопластических деформациях. Причины движения чаще всего связаны с изменением температуры и влажности, промерзанием и оттаиванием. Скорости измеряются от нескольких миллиметров в год. Медленная солифлюкция и дефлюкция объединяются понятием *крип*.

*Десерпция*, или сползание – медленное (несколько миллиметров или доли миллиметров в год) движение сухого обломочного материала (песка, дресвы или щебня), не скреплённого растительностью, в результате изменения объёма при колебаниях температуры (по С.С. Воскресенскому). Другие авторы понимают под этим термином все разновидности массового гравитационного движения обломочного материала на склонах или считают термин «десерпция» синонимом понятия «крип».

В ходе развития склонов с медленным смещением чехла обломков происходит срезание подстилающей коренной горной породы. Захват подстилающей породы движущимся чехлом происходит двумя способами: сошлифовыванием поверхности или захватом блоков подстилающих пород.

Солифлюкционные склоны, как правило, имеют неровную поверхность, осложнённую оплывами, натечными буграми и солифлюкционными террасами. Такие склоны в горных условиях тяготеют к перигляциальной зоне.

*Десерпционные склоны* – это усыпанные щебнем и дресвой «голые» поверхности. Их подвижность зависит от:

1) режеляции – многократного таяния и замерзания и, как следствие, нарушения первоначального строения;

2) условий растительного покрова;

3) длительности периодов таяния и замерзания, которые сопровождаются изменением объёма частиц, а также медленным сползанием – дефлюкцией, или крипом.

Режеляция, вымерзание, течение, сползание, пучение и другие явления в комплексе способствуют сортировке материала по крупности и образованию *курумов* – «потоков» щебенисто-глыбового мате-



риала. В горных условиях они развиваются на сравнительно крутых склонах (20, реже до 30°). Источником обломочного материала выступают продукты разрушения морены. Аккумулятивные формы типа покровов часто приурочены к областям оледенения. Часто встречаются линейные формы, развивающиеся по поверхностям молодых морен в условиях угасающих долинно-каровых и каровых ледников. С разрушением также связано образование *каменных глетчеров*, потоков каменистых и льдисто-каменистых масс, расположенных в верхней части склонов расчленённого горного рельефа; также они часто залегают на древних моренах, образуя верхний, более каменистый и подвижный слой.

Пространственное распределение склонов различных типов позволяет подразделить их описание для областей горообразования и платформенных равнин.

**Области горообразования.** При изучении морфологии склонов и форм накопления коллювия в орогенных условиях необходимо учитывать геоморфологическую позицию склонов в горном сооружении, местные климатические условия и факторы, влияющие на образование обломочного материала.

Геоморфологическая позиция склонов определяется общей архитектурой горного сооружения. Выделяются горные страны с одноярусным и двухъярусным рельефом. *К одноярусным* относятся узкие линейно вытянутые горные сооружения с глубоко расчленённым рельефом и ущелистыми долинами (высота склонов сокращается от центра к предгорьям). *К двухъярусным* – горные сооружения с нижним ярусом глубоко расчленённого рельефа и верхним – умеренно и слабо расчленённым с пологими склонами (которые опираются на широкие днища долин), а также высокими плоскогорьями (ярусы, по отношению к центральной части общего поднятия, расположены концентрически).

Местные климатические условия приобретают особое значение в горных сооружениях средних и низких широт с преобладающим субширотным простирием.

➤ Ярко выражена ороклиматическая зональность – нижняя часть склонов может развиваться в экстрагляциальной зоне, верхняя – в перигляциальной и гляциальной зонах.

➤ При субширотном простириении хребтов возрастает роль экспозиции склонов.

В соответствии с геоморфологическими и климатическими условиями выделяются основные типы склонов: обвальнo-осыпные, оползневые (оползни-обвалы и склоны отседания), десерпционно-солифлюкционные и полигенные склоны.

*Сложные полигенные склоны* наиболее типичны для горных сооружений. Их морфология и внутреннее строение зависит от сочетаний геоморфологической и ороклиматической зональности. В пределах верхнего яруса преобладают десерпционно-осыпные и солифлюкционно-осыпные аккумулятивные формы, связанные с моренами и снежниками. В верхней части склонов нижнего яруса велика роль линейных форм. В экстрагляциальной зоне преобладают обвальнo-осыпные склоны, местами осложнённые оползнями.

*Платформенные равнины.* Главная особенность развития склонов и коррелятивных отложений – однообразие климатических и орографических условий на обширных пространствах. Преобладают поверхности с уклонами до  $10^\circ$ . Покровы характеризуются однородным по простиранию строением при постепенных и небольших изменениях по вертикали. В зависимости от климатической зональности выделяются: 1) делювиальная группа склонов в условиях умеренного климата средних широт; 2) десерпционно-солифлюкционная группа в областях вечной мерзлоты и сурового климата высоких широт; 3) полигенная группа в различных климатических условиях.

В платформенных областях широко распространены моногенные склоны. Полигенные формы возникают при увеличении интенсивности расчленения и изменениях микроклиматических условий, что создаёт различные сочетания экзогенных процессов. В высоких широтах распространены десерпционно-солифлюкционные склоны с подчинёнными участками оползневых и обвальнo-осыпных форм. В средних широтах – делювиальные склоны, сочетающиеся с оползневыми и в меньшей степени – с осыпными формами.

## **Геоморфология речных долин**

*Флювиальными* называют формы рельефа, созданные постоянными и временными поверхностными водными потоками. Их сущность – размыв водными потоками земной поверхности в одних местах и одновременный перенос и отложение продуктов размыва в других. Эрозионные и аккумулятивные процессы противоположны по роли, но едины по существу, совершаются одновременно одним

потоком и не способны существовать и развиваться обособленно друг от друга.

**Живая сила рек**, или их кинетическая энергия ( $m \times v^2 / 2$ ), полностью или большей частью расходуется на перенос обломочного материала, поступающего в русло, и на преодоление сопротивлений. В первом случае остаток энергии тратится на эрозию, а во втором обеспечивает состояние динамического равновесия. Аккумуляция материала может осуществляться, если кинетической энергии не хватает на его перенос.

Размеры кинетической энергии рек зависят от величины продольного уклона, который определяет интенсивность флювиальных процессов и морфологический облик долин. Остальные факторы количественно усиливают или уменьшают геологическую деятельность реки.

**Флювиальные формы рельефа.** Флювиальные процессы различаются по характеру водных потоков, среди которых Н.И. Маккавеев выделял *постоянные* и *временные, русловые и нерусловые, горные, полугорные и равнинные* процессы.

По масштабам и генезису может быть выделен генетический ряд: эрозионная борозда – рывина – промоина – овраг – балка – речная долина.

**Эрозионные борозды** – элементарные переходные формы от плоскостного к линейному размыву земной поверхности, которые возникают и развиваются в период наибольшего увлажнения в результате склонового стока дождевых и талых вод.

**Рытвины** развиваются из наиболее крупных борозд, располагаясь друг от друга на расстоянии первых десятков метров.

**Овраги** образуются из самых крупных и быстро растущих рытвин в процессе их углубления и расширения и обладают профилем, отличным от профиля склона.

**Балки** – эрозионные формы, часто образующиеся из оврагов на равнинах платформенных областей – в условиях незначительного углубления происходит расширение оврага, выработка плоского дна, пологих склонов и их закрепление растительностью.

**Речные долины** – наиболее полно развитая типичная и распространённая флювиальная форма. Морфологически включают современный формирующийся врез реки, то есть её пойму и русло, а также общий – сопряженный склон, моделированный или полностью созданный эрозией.

История развития каждой речной долины зафиксирована в её морфологии, размерах, рыхлых отложениях, заполняющих её дно и покрывающих склоны. Основные черты рельефа наиболее чётко отражаются в строении поперечного и продольного профилей долины, в неровностях коренного ложа, глубоких эрозионных ложбинах на поверхности террас и склонах.

## **Строение речной долины в продольном сечении. Продольный профиль реки**

В долине реки различают исток, верхнее, среднее и нижнее течения и устье, которое теоретически отвечает наиболее низкой точке профиля и служит *базисом эрозии* данной реки. Выделяются *базисы эрозии разных порядков* и значимости:

- *главный* – уровень Мирового океана;
- *региональный* – крупная аллювиальная низменность, в особенности типа предгорных и межгорных впадин;
- *локальный* – может быть выделен в долине каждой реки.

В соответствии с соотношениями массы воды к скорости течения, в верхней части речных долин обычно преобладает эрозия; в среднем течении она сменяется динамическим равновесием между эрозией и аккумуляцией; в нижнем течении в общем случае преобладает аккумуляция.

К.К. Марков выделял продольные профили рек: *невыровненный*, *выровненный* и *предельный*, которые соответствуют трём стадиям формирования долин.

На начальной стадии разработки речной долины продольный профиль считается *невыровненным* – река не успевает переработать неровности, созданные до заложения долины и обусловленные геологическими и климатическими факторами. К геологическим относятся: литолого-стратиграфические условия и структурные формы. В пределах невыровненного профиля участки аккумуляции часто сменяются участками эрозии.

Если в речной долине сохраняются основные параметры, определяющие её живую силу, то со временем неровности сглаживаются и вырабатывается уравновешенный *выровненный профиль* относительно главного базиса эрозии.

*Предельный продольный профиль*, или *профиль равновесия* – это профиль, уклон которого зависит только от стока. На каждом от-

резке долины он соответствует динамическому равновесию при данных гидрологических условиях и постоянном базисе эрозии.

Таким образом, преобладающее влияние на продольный профиль реки оказывают эндогенные рельефообразующие факторы, определяющие гидрологические и гидрогеологические условия развития, а также формирование основных геоморфологических типов долин (орогенный и платформенный).

## **Типы долин по характеру замыкания**

Среди долин выделяется несколько типов: открытые, полуоткрытые и закрытые.

**Полуоткрытые долины** – верховья замыкает эрозионный цирк, устье открывается в какой-либо приёмник. Они широко распространены на равнинах платформенных областей, где служат преобладающим типом; часто встречаются в орогенах, где их ограничения более резкие.

На возвышенностях верховья рек поднимаются вверх по склону за счёт процессов *регрессивной*, или *попятной эрозии*. При этом может произойти сближение продвигающихся навстречу друг другу рек, что приводит к борьбе за область питания. Она ведёт к захвату рекой с большей энергией области питания или истоков медленнее развивающейся реки – происходит перехват воды и образование общего стока. Участок долины, прорезающий водораздел, является сквозным и называется *эпигенетическим*, то есть наложенным на ранее существовавший рельеф. Эпигенетические долины служат **открытыми** – их верховья не замыкаются на склоне возвышенности.

Иногда открытые сквозные долины образуются при расчленении растущего поднятия. Развивающееся тектоническое поднятие практически никогда не может перегородить речную долину (из-за различия на один (два) порядка скоростей его роста и глубинной эрозии), и река прорезает поднятие с локальным сужением. В результате происходит деформация (изгиб) террас в пределах сквозного участка долины, называемого *антецедентным*.

**Закрытые долины** наименее распространены и образуются в областях распространения легкорастворимых пород и известняков.

## Морфологические типы речных долин

Для определения динамики речной долины часто используется форма её поперечного сечения. Классификационными признаками служат ширина днища, характер сочленения поймы с террасами и склонами, крутизна бортов и строение рыхлых толщ.

По названным признакам выделяются следующие долины:

**1. Треугольная («V»-образная) форма** – обычны прямые коренные склоны и узкое днище. Склоны крутые ( $>20^\circ$ ) деструктивные (обвальные, осыпные и дефлюкционно-курумовые), иногда – пологие ( $12\dots15^\circ$ ). Долины в основном симметричные, реже асимметричные – один склон пологий и часто аккумулятивный.

Долинам присущ значительный уклон днища ( $0,02\dots0,20^\circ$ ), продольный профиль невыработанный и ступенчатый. Пойма и русловые формы не выражены. Днище завалено неокатанным обломочным материалом, поступающим со склонов. Русло выглядит как цепочка бочагов. Вода сочится в толще рыхлого материала, вымывая мелкозём в её основание. Аллювий характеризуется крайне низкой окатанностью. Аллювиальные фации чередуются со склоновыми.

Как правило, в «V»-образных долинах энергия потока расходуется только на их углубление.

**2. Долины с параболической формой поперечника** – длинные склоны крутизной  $10\dots25^\circ$  опираются на днище шириной  $100\dots200$  метров. Тыловой шов поймы бывает затянут шлейфом склоновых отложений. Параболические долины, как правило, выработаны мощными потоками, имеют сложное строение рыхлых отложений. В истории их развития сменялись эпохи врезания и аккумуляции.

**3. Трапецевидный тип долин** – наиболее распространён в равнинных и горных областях. Ширина колеблется от  $200$  до  $3\,000$  метров и более. Обычно развит комплекс террас, наблюдаемый по обоим бортам долины. Характерны повышенные мощности аллювия.

В истории развития чередовались эпохи углубления и расширения днищ с эпохами заполнения долин мощными аллювиальными осадками. Особенность долин с террасированными бортами и аномально широким днищем – сохранность мощного аллювия в бортах или под уровнем поймы.

**4. Желобовидный поперечный профиль** – широкое днище, плавно переходящее в аккумулятивные террасы или террасоувалы. Ширина долин – до нескольких километров. Коренные борта пологие

(10...15°), профиль вогнутый, развиты мощные шлейфы склоновых отложений. Иногда поперечный профиль резко асимметричен.

Характерны повышенные мощности аллювия, невысокие окатанность и сортировка материала. В истории развития долины неоднократно сменялись эпохи врезания и аккумуляции (длительность последних преобладала).

**5. Планиморфные долины** – границы морфологически неясно выражены. Русло крупных рек дробится на множество рукавов. Пойма достигает ширины многих сотен метров, изобилует протоками и ложбинами, заполняющимися водой в паводки. На современном этапе развития эти долины, в большинстве своём, находятся в стадии аккумуляции. Мощности рыхлых отложений в бортах и под днищем составляют многие десятки и даже сотни метров.

## Пойма и русло реки

В долинах рек платформенных областей поймы обычно аккумулятивные и хорошо развиты. Их поверхность часто слагает пойменный аллювий, подстилаемый русловым. На поверхности поймы сохранились староречья, в которых накапливается *старичный аллювий*. Реликты древних русел представлены серповидно изогнутыми заболоченностями и старичными озёрами или линейно вытянутыми – *притеррасными* и *прирусловыми* полу-изолированными протоками. Наиболее молодой участок поймы – *прирусловой вал*. Пойма ограничена склонами террас, покрытых чехлом коллювия, сопрягающегося с отложениями поймы.

В зависимости от энергии потока может происходить врезание русла или перенос всей толщи или верхней части аллювия. Подвижную часть аллювия М.Ю. Билибин назвал *активным слоем*. При перемещении русла от одного борта долины к другому активный слой находится в движении – движущийся *меандр* (зигзаг) размывает древний пойменный аллювий. Наиболее распространены *меандрирующие реки*. У них существует предел роста излучин, зависящий от массы и скорости течения воды, поэтому каждая река имеет определённую ширину меандрового пояса.

**В асимметричных сечениях русла** происходит активный размыв крутого склона при нисходящем движении воды и отложение частиц на противоположном пологом склоне в условиях восходящего движения. **В симметричных сечениях** размыв склонов равномерен.

В продольном профиле русла меандрирующих рек наблюдается чередование *плёсовых ложбин* и *перекатов*. Примерно в центральной части этих неровностей проходит *стрезень*. Плёсовые ложбины тяготеют к вогнутому размываемому склону русла. Напротив формируются прирусловые отмели, сложенные хорошо сортированным материалом, приносимым донными течениями из пристрежневой части русла и формирующим песчаные волны, изогнутые в плане и примыкающие друг к другу. Высота песчаных гряд – до первых метров, длина от 40 до 50 метров. В русле меандрирующих рек при уменьшении его уклона и извилистости могут возникать *намывные острова*.

**Фуркация**, или *ветвление русла*, встречается у равнинных и горных рек. Она наблюдается на отрезках долины с более широким и плоским дном при относительно прямолинейных очертаниях русла и поймы, и сопровождается резким уменьшением скорости течения. В русле реки, испытывающей фуркацию, выделяются главные и второстепенные протоки, разделённые сериями островов. Они, в свою очередь, перемещаются вниз по течению, изменяя очертания. Поверхность озёр может быть сложена русловым (или перекрыта пойменным) аллювием и пересекаться мелкими протоками, формирующимися при повышении и спаде в русле уровня паводковых вод.

## **Динамические фазы аллювия**

Эрозия и аккумуляция тесно взаимосвязаны и всегда сопутствуют друг другу, поэтому аллювий образуется на любой стадии развития речной долины. В зависимости от движений земной коры, рельефа, климата и режима водных потоков меняется динамика процесса аккумуляции и, следовательно, степень развития и особенности строения аллювиальной толщи. По В.В. Ламакину, аллювиальная аккумуляция переходит из одной динамической фазы в другую.

**1. Фаза преобладающего размыва**, или *инстративная*. При формировании новой долины, главным образом на стадии донной эрозии, аллювий накапливается на участках выполаживания или расширения русла, а также при спаде воды. По характеру накопления он является *выстилающим*, или *инстративным*; представлен грубым валунно-галечным и галечным материалом, отличается плохой сортировкой, отсутствием фаций, малой мощностью.

**2. Фаза динамического равновесия**, или *перстративная*. На реках с относительно уравновешенным продольным профилем и от-



сутствующей или слабо проявленной донной эрозией, русло длительное время блуждает практически на одном уровне, производя боковую эрозию и выработывая плоское дно долины. Одновременно происходит отложение аллювия на покинутых руслом участках днища долины и его последующее, иногда многократное, перемывание и переотложение при образовании и отмирании меандров, боковых рукавов и прочего.

Перстративный аллювий характеризуется нормальной мощностью (составляет разность отметок дна плёсов и уровня паводковых вод) и двучленным строением – нижний горизонт сложен русловым аллювием с линзами старичных, а верхний – паводковых осадков. Слагает эрозионно-аккумулятивные террасы.

**3. Стадия преобладающей аккумуляции, или констративная.** Аллювий формируется в условиях активного прогибания земной коры, изменений климата, приводящих к усилению поступления обломочного материала в русло и другим явлениям. При усиленном заполнении долины, русло реки по отношению к ложу аллювиальной толщи переходит на всё более высокие уровни. Более древние аллювиальные отложения погребаются под новыми, настилаемыми на них отложениями.

Констративный аллювий характеризуется повышенной мощностью, многократным чередованием в разрезе русловых, старичных и пойменных отложений, часто наложением друг на друга аллювиальных пачек, из которых каждая построена по типу перстративного аллювия. Слагает аккумулятивные террасы.

Общие закономерности отложения аллювия ярко выражены на перстративной фазе аккумуляции. Здесь процесс зависит только от режима и динамики потока. Поэтому особенности строения перстративного аллювия постоянных рек могут служить эталоном, сравнение с которым позволит оценить своеобразие любого типа аллювия.

## **Цикловые врезы и террасы**

**Ступенчатость** склонов речных долин отражает цикличность деятельности рек.

На склонах долин морфологически выражены **террасы**, генетически и пространственно связанные с фрагментами разновозрастных долин – врезов.

**Наиболее общие причины образования террас** (связаны с тектоническими движениями и (или) с изменениями климата): колебания базиса эрозии и изменение баланса обломочного материала в данном речном бассейне и транспортирующей способности водного потока.

**Цикловый врез** соответствует дну и вышерасположенному склону цикловой долины. Он образуется при начальном преобладании глубинной эрозии, сменившейся боковой, и далее – с частичным или полным заполнением вреза отложениями. Процесс косвенно отражает один импульс нарастания и спада скорости тектонических движений, а также соответствующих изменений уклонов продольного профиля реки.

Фрагменты днищ разновозрастных цикловых врезов имеют на склонах **этажное расположение**: древние – в верхней, а молодые – в нижней частях склона.

**Терраса** – это уступ, состоящий из площадки и нижерасположенного склона, то есть состоит из разновозрастных частей двух последовательно формировавшихся долин. **Высота террасы** – это превышение её поверхности над меженным уровнем воды в реке.

Формируются **эрозионные, эрозионно-аккумулятивные и аккумулятивные врезы и террасы**.

**1. ЭРОЗИОННЫЙ ВРЕЗ** образуется в условиях непрерывного и быстрого углубления долины. В конце эрозионных циклов энергия реки достаточна для полной компенсации затрат на транспорт наносов. Поэтому дно врезов остаётся без покрова аллювия.

Выделяется **два подтипа врезов**: 1) с преобладанием глубинной эрозии на протяжении всего времени формирования – характерны редуцированное дно и гипертрофированные склоны – **теснины, горловины** и прочее; 2) с существенной ролью боковой эрозии в конце цикла – отмечается хорошее развитие дна и разнообразные соотношения глубины и ширины врезов.

Если начало новых циклов сопровождается незначительным сужением долины, то днища предшествующих врезов сохраняются в виде **перегибов склона**. При резком изменении ширины долины днища эрозионных врезов и поверхности террас сохраняются в виде уступов.

**Эрозионная терраса** – это ступень, состоящая из площадки и склона с высотой уступа до нижерасположенной площадки.

**2. ЭРОЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫЕ ВРЕЗЫ** формируются в условиях неравномерного углубления долины, которое в конце

каждого цикла сменяется аккумуляцией. В зависимости от глубины вреза, степени его заполнения и мощности аллювия выделяются цикловые врезы с открытыми и закрытыми склонами.

**Врезы с открытым склоном** – это редуцированная (укороченная) форма эрозионно-аккумулятивных долин. Развиваются они в условиях значительного преобладания эрозии; им характерен мало-мощный аллювий, часто перекрытый полигенной покровной толщей.

Эрозионно-аккумулятивные врезы с **закрытым склоном** – это переходная форма к аккумулятивным, но процессы эрозии над накоплением аллювия ещё преобладают.

Эрозионно-аккумулятивная, или **цокольная**, терраса: площадка – дно вреза с заполнявшими его отложениями (аккумулятивный покров террасы); уступ (**цоколь**) – это часть склона молодого вреза. В зависимости от обнажённости цоколя выделяются террасы с открытым и закрытым цоколями.

**3. АККУМУЛЯТИВНЫЙ ВРЕЗ** развивается в условиях преобладания аккумулятивных процессов над эрозионными в течение одного цикла. Накопление аллювиальных отложений может колебаться от нулевых значений до частичного или полного сохранения аллювия и погребения сформировавшихся толщ. В соответствии с этим различают **прислонённые, вложенные и наложенные врезы и террасы**.

**Прислонённые врезы** – переходная форма от эрозионно-аккумулятивных к аккумулятивным. Возникают они в условиях чередования процессов заполнения врезом и последующего размыва отложений, при котором практически полностью уничтожается ранее накопленная толща аллювия. Увеличения мощности аллювия в дальнейшем не происходит.

**Вложенным врезам** характерно чередование эрозионной и аккумулятивной речной деятельности, когда каждый новый цикл эрозии не достигает первоначальной глубины. При этом часть древнего аллювия сохраняется, и идёт накопление толщ разновозрастных аллювиальных отложений, переходящих в погребённое состояние.

**Наложённые врезы** формируются в условиях преобладания аккумуляции, поэтому происходит наложение молодых толщ на более древние.

**Аккумулятивная терраса** – это, обычно плохо выраженный, уступ, полностью сложенный флювиальными отложениями. В наложенных формах они, как правило, не образуются.

Эрозионные формы представлены в горных сооружениях, плоскогорьях и высоких равнинах; эрозионно-аккумулятивные тяготеют к переходным зонам от поднятий к погружениям; аккумулятивные – наиболее широко развиты в пределах низменных платформенных равнин и областях прогибания горных сооружений.

## ГЕОМОРФОЛОГИЯ МОРСКИХ ПОБЕРЕЖИЙ

### Элементы рельефа побережья

*Побережьем* называют узкую зону с подвижными границами, в пределах которой взаимодействуют рельефообразующие процессы суши и моря.

В строении побережья могут быть выделены три части:

- *взморье* – внешняя, открытая к морю часть, всегда находящаяся под водой;
- *внутренняя* – подвергающаяся периодическому затоплению;
- *берег* – представляет сушу.

Во внешней части побережья происходит размыв поверхности и формирование *абразионной площадки*. Материал выносится к берегу и морю. Ниже абразионной площадки формируется *подводная аккумулятивная терраса*. Во внутренней части побережья образуются *волноприбойные террасы: передняя* – формируется под действием приливов и отливов и объединена с абразионной площадкой пологим склоном изменчивой крутизны; *задняя*, или *пляж* – заливается только во время штормов. В пределах берега выделяется его *склон*, примыкающий к пляжу.

### Рельефообразующие факторы

На формирование побережья взаимное влияние оказывают море и суша.

*Водная среда* преобразует рельеф в результате:

- морских волнений, возникающих под воздействием постоянных и штормовых ветров;
- морских течений, обусловленных температурным режимом водных масс;
- приливно-отливных перемещений.

**Биогенный фактор** играет существенную роль в строении зоны побережий; чаще – в низких широтах. **Суша** выступает как основной поставщик обломочного материала. **Климатические условия** определяют генетические типы экзогенных процессов. **Геологическое строение** влияет на разрушение берегов и абразию дна. **Новейшее эндогенное развитие побережья** определяет пространственное размещение поднимающихся, нейтральных и погружающихся берегов, уклоны дна и контрастность рельефа сопредельных участков суши.

Главный экзогенный рельефообразующий процесс – **работа волн на мелководье**.

Волны возникают в результате воздействия ветра на верхние слои воды, вызывая орбитальные движения частиц воды в плоскости, перпендикулярной поверхности моря. Волны располагаются примерно параллельными рядами, перпендикулярно направлению ветра – **фронт волн**; направление их движения к берегу – **луч**.

От силы ветра зависят основные параметры волны (рис.6):

➤ **длина волны (L)** – расстояние между двумя смежными гребнями волн;

➤ **высота волны (h)** – расстояние между наивысшей и наинизшей точками на поверхности воды. Высота равна вертикальному диаметру орбиты движения частиц воды;

➤ **период волны (T)** – время, за которое частица воды описывает орбиту;

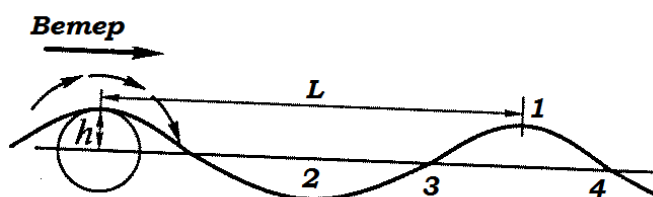
➤ **скорость распространения волны (V)** – путь, пройденный за одну секунду.

Ввиду того, что волна может быть асимметричной, выделяют её передний и задний склоны.

Правильные волновые движения с симметричным профилем возникает после прекращения ветра, вызывающего волнение, и называются **волнами зыби**.

Выделяются волны двух типов:

➤ **«глубокого» моря** – волны затухают, не достигая дна (Глубина затухания примерно равна половине длины волны);



**Рис. 6. Элементы волны:**

1 – гребень, 2 – ложбина; 3 – задний склон; 4 – передний склон волны. Стрелками показан характер орбитального движения поверхностных водных частиц, участвующих в волнении

➤ **мелководья** – на волновые движения влияет сила трения, обусловленная шероховатостями дна (орбиты волновых частиц становятся эллиптическими, а у дна сменяются прямолинейными колебательными движениями, параллельными его поверхности; в результате передний склон волны становится более крутым, а задний – выполаживается).

Участки запрокидывания гребня волны называются **забуруниванием**. При её разрушении волновое движение сменяется **прибойным потоком**, или **накатом**, который взбегает вверх и частично просачивается в наносы на склоне. Там, где скорость потока падает до нуля, располагается **вершина заплеска**, после достижения которой начинается сток воды, образующий **обратный прибойный поток (откат)**.

Зона воздействия волн определяется глубиной, равной половине высоты волны, и обобщённой линией заплеска.

У берега на характер волны активно действуют очертания береговой линии. Изгибание фронта волны называется **рефракцией морских волн**. При сложных очертаниях береговой линии линия фронта волны стремится стать конформной к очертаниям береговой линии. При этом деятельность волн смягчает очертания берега.

Волны «глубокого моря» расходуют свою энергию только на преодоление внутреннего трения и взаимодействие с атмосферой; волны мелководья используют её, кроме того, и на преобразование донного рельефа.

В пределах побережья выделяется несколько зон:

➤ **зона симметричных волн** – развивается в условиях открытого моря и глубин  $H > \frac{1}{2} \times L$ , обломочные частицы находятся в покое;

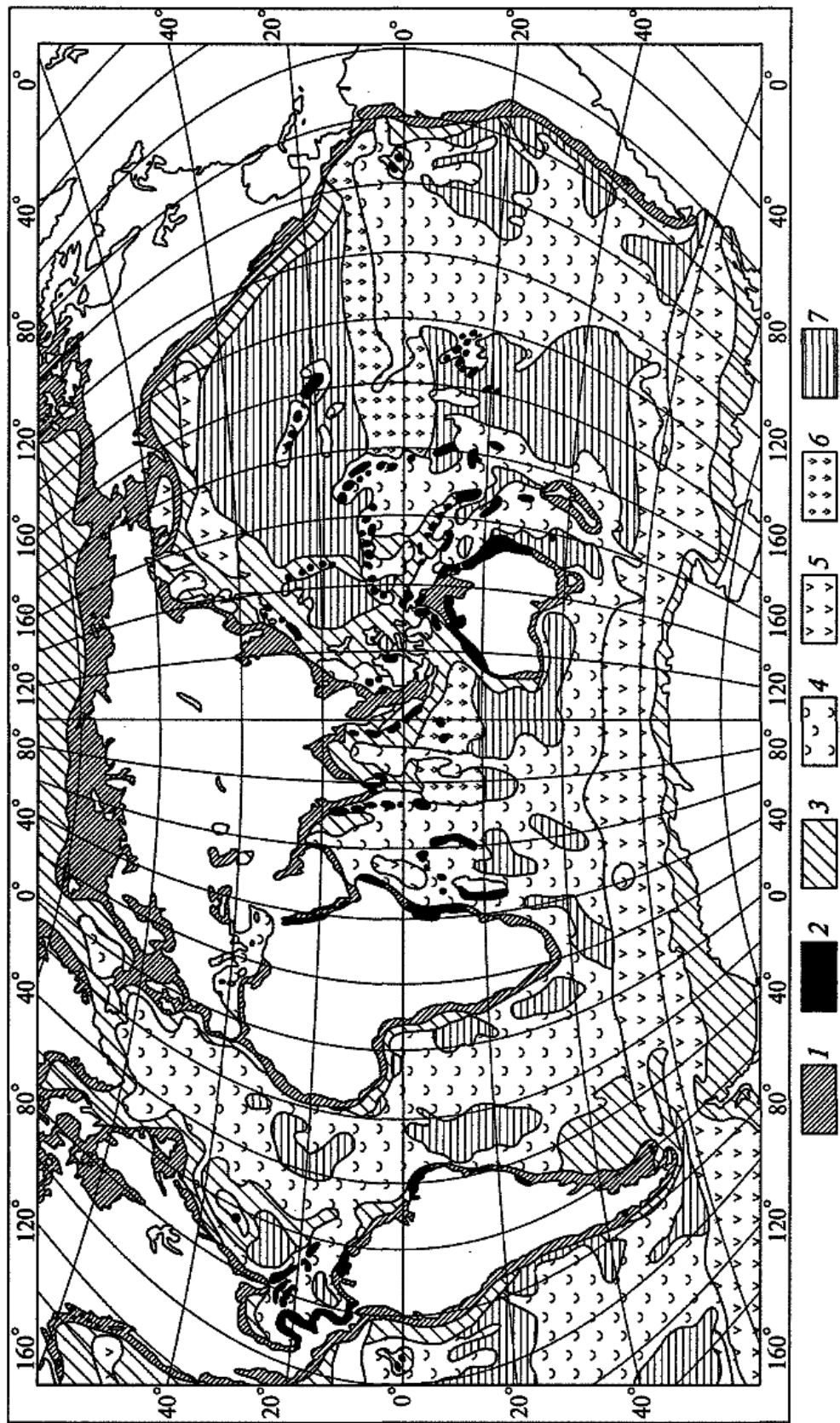
➤ **зона слабо асимметричных волн** – развивается в условиях уменьшения глубин ( $H < \frac{1}{2} \times L$ ), когда воздействие волн меньше силы тяжести – частицы перемещаются к морю;

➤ **нейтральная зона**, или условия подвижного равновесия – возникают при уменьшении глубины и возрастании асимметрии и воздействия волн;

➤ **зона значительно асимметричных волн** и преобладания их воздействия над силой тяжести – начинается перенос частиц к берегу;

➤ **зона разрушенных волн** – завершается разгрузка частиц.

В ходе воздействия асимметричных волн вниз и вверх от нейтральной зоны на склоне формируются различные области накопления осадков (рис. 7).



**Рис. 7. Донные отложения Мирового океана:**

- 1** – прибрежные и шельфовые, главным образом, терригенные отложения; **2** – коралловые отложения; **3** – глубоководные осадки, примыкающих к материкам, периферических районов океана (преимущественно терригенные), а также айсберговые накопления; **4** – фораминиферовые и другие известковые осадки материкового склона и ложа океанов, состоящие из остатков планктонных организмов; **5** – диатомовые отложения; **6** – диатомово-глубоководные кремнисто-глинистые илы; **7** – красная глина

При разных уклонах дна процессы абразии и аккумуляции изменяются в зависимости от положения нейтральной зоны. По мере достижения профиля равновесия перемещение материала будет ослабевать. В зависимости от уклонов различаются побережья трёх видов:

➤ **дно средней крутизны** – при длительном воздействии волн в условиях мелководья и поперечного перемещения материала ниже нейтральной зоны формируется подводная аккумулятивная терраса, в области абразии и выноса наносов – абразионная площадка, в пределах участков, пограничных с сушией – **пляж**;

➤ крутое дно характерно для **приглубых берегов** (выработка профиля равновесия происходит в результате интенсивной абразии верхней части склона и накопления материала в нижней, что приводит к удалению береговой линии в сторону суши);

➤ пологое дно характерно для **отмелых берегов** – нейтральная зона располагается ближе к основанию склона (в его нижней части начинается абразия с переносом материала в сторону пляжа и его расширением).

Выработка профиля равновесия зависит от крупности донных осадков. При однообразной крутизне подводного склона существуют динамические пределы зон движения частиц данной крупности. Вверх по склону по мере увеличения скорости течения во взвешенное состояние переходят всё более крупные частицы, и выработка профиля дна сопровождается не только изменением его наклонов, но и сортировкой материала.

## **Аккумулятивные и абразионные формы рельефа побережья**

Выделяются следующие показатели форм рельефа побережья.

**Наносы** – осадки, переносимые волнами и береговыми течениями в зоне побережья.

**Поток наносов** – количество наносов, перемещаемых длительное время.

**Мощность потока** – количество наносов, перемещаемых за один год вдоль данного участка побережья.

**Ёмкость потока** – предельная возможная мощность, то есть наибольшее количество наносов, которое волны могут перемещать.

Соотношение мощности и ёмкости определяет **насыщенность потока** и геологическую работу волн. При мощности потока, равной



ёмкости, вся энергия волн затрачивается на транспортировку наносов. При ёмкости потоков меньшей, чем интенсивность поступления наносов, наносы частично отлагаются; при недостаточной насыщенности потока часть энергии расходуется на размыв и моделирование рельефа побережья.

Аккумуляция и абразия, главным образом, зависят от ёмкости потока и интенсивности поступления материала, а конкретные участки аккумуляции и абразии – от особенностей строения рельефа побережья. Аккумулятивные формы, созданные поперечным перемещением наносов наиболее полно представлены на отмелых берегах. Здесь на значительных расстояниях господствуют условия мелководья и значительно деформированных волн. В пределах внешней части побережья преобладают процессы абразии.

Значительная часть материала переносится вверх по склону, формируя *аккумулятивную часть отмелого берега*.

**1. ПЛЯЖИ** – зоны аккумуляции наносов, вытянутые сплошь по простиранию берега. Состав наносов колеблется от валунов до тонкозернистого песка. В зависимости от строения внутренней части зоны побережья формируются пляжи полного и неполного профиля.

*Пляжи полного профиля* формируются в условиях свободной разгрузки наносов на побережье и характерны для отмелых берегов с весьма пологими подводным и надводным склонами. Они имеют асимметричную форму – более пологий мористый и более крутой внутренний склоны, у основания которых может располагаться слабо заболоченное понижение, выполненное тонким наилком (отлагается на границе зоны действия прибойного потока). Выше располагается берег, не подверженный действию волн.

Пляжи неполного профиля формируются при наличии в профиле склона более крутого участка – разгрузка влекомого материала происходит у перегиба. Во время штормов волны могут размывать пляж и коренной берег.

**2. ПОДВОДНЫЕ ВАЛЫ** формируются в условиях отмелого берега и связаны с явлением забурунивания. На участке забурунивания происходит частичная потеря энергии, перестройка крупных волн в более мелкие и частичная разгрузка влекомого материала. Подводные валы вытягиваются примерно параллельно берегу, иногда образуя несколько рядов (до 5(6)). Высота их не превосходит нескольких метров, протяжённость обобщённых гряд – от нескольких сотен метров

до первых километров. В условиях поднятия побережья валы оказываются в условиях суши и подвергаются эоловой переработке.

**3. БЕРЕГОВЫЕ И ОСТРОВНЫЕ БАРЫ** – формы, вытянутые вдоль берега, обусловленные аккумуляцией наносов, отгораживающие часть мелководья от открытого моря с образованием лагун; морфологически подобны подводным валам. Бары зарождаются на глубинах от 10 до 20 метров, возвышаются над водой в среднем на 4...5 метра и протягиваются вдоль берега на десятки километров. Занимают порядка 10% береговой линии Мирового океана.

Стадии развития берегов с барами:

- формирование *подводных баров*;
- образование *островов* и *островных дуг*, сложенных донными наносами, за счет разрастания баров;
- формирование *береговых баров* и полная изоляция *лагун* с превращением их в *прибрежные озёра*;
- вырождение озёр в *марши* – заболоченные участки. Повторяясь неоднократно, процесс приводит к наращиванию отмелого берега.

**Аккумулятивные формы побережья, созданные продольным перемещением наносов.** При подходе волн к берегу под острым углом происходит вдольбереговое перемещение наносов. В.П. Зенкович выделил ряд условий, при которых изменение ёмкости потока приводит к накоплению наносов при их продольных перемещениях. Наибольшей ёмкостью поток обладает при подходе к берегу под углом 45°. Изменение очертаний берега нарушает ёмкость потока и приводит к абразии или аккумуляции.

Причины снижения ёмкости потока и начала аккумуляции:

1) если контур берега образует входящий угол, начинается его заполнение, и образуются аккумулятивные формы перед различными препятствиями;

2) огибание угла и дифракции волн приводят к формированию аккумулятивных форм, примыкающих к перегибу угла, и их наращиванию в условиях абразионной «тени» (эти условия способствуют формированию простых и сложных *кос*);

3) наличие препятствий, защищающих берег от воздействия волн.

На участке берега в «тени» острова формируется *надводная отмель*, постепенно превращается в *перейму* (низкую и узкую полосу из песка, галечника или ракушечного детрита, присоединяющую к берегу моря близлежащий остров) или *томболо*.

В зависимости от размеров волновой «тени» может образоваться несколько перемычек. В заливах с затруднённым проникновением волн выступы мысов могут наращиваться косами, которые при смыкании образуют *пересыпь*; залив превращается в лагуну, а при дальнейшей изоляции – в марш.

По характеру сочленения с берегом В.П. Зенкевич выделяет четыре типа аккумулятивных форм, созданных поперечным и продольным перемещением наносов:

1) *примыкающие* – соединенные на всём протяжении с берегом (пляжи, формирующиеся аккумулятивные террасы);

2) *замыкающие* – сочленённые с берегом противоположными концами (береговые бары и пересыпи);

3) *свободные* – сомкнулись с берегом одним концом (*косы*);

4) *отчленённые* – не соединённые с берегом (островные бары и подводные валы).

**Абразия.** В условиях крутого склона и значительных глубин крупные волны прибоя достигают непосредственно береговой полосы и обладают большой разрушительной силой. Поэтому в пределах приглубых берегов ярко выражена разрушительная деятельность моря – преимущественно *механическая абразия*, которая заключается в ударной силе волн, прибоя и влекомых ими обломков.

В определённых условиях механическая абразия сопровождается химической и термической абразиями.

**Химическая абразия** развивается вдоль приглубых берегов, сложенных растворимыми породами. В этих условиях разрушительная сила воды включает образование карстовых и суффозионно-карстовых форм. Они образуются в зоне влияния волн, прибоя и приливо-отливных течений.

**Термическая абразия** развивается в условиях воздействия морской воды на толщи пород с погребёнными льдами в областях развития устойчивой мерзлоты.

**ФОРМЫ РЕЛЬЕФА И РАЗВИТИЕ ПРОФИЛЯ РАВНОВЕСИЯ ПРИГЛУБОГО БЕРЕГА.** Побережье приглубых берегов характеризуется комплексом форм, обусловленных интенсивной абразией.

1. **Формы, созданные механической абразией.** Береговой склон представляет собой крутой обрыв, или *клиф*, с *волноприбойной нишей* в основании. Параллельно нише простирается небольшой пляж. Ниже располагается абразионная часть побережья – *бенч*. К его подводному склону прислоняется подводная аккумулятивная терраса. На

значительном протяжении профиль равновесия приглубого берега является абразионным. Расширение бенча связано со срезанием дна, которое происходит одновременно с углублением волноприбойной ниши и обрушением части берегового склона. Стадиям отступления берега свойственно накопление толщ морских наносов во внешней части побережья и формирование аккумулятивной террасы.

На побережье приглубого берега идёт грубая сортировка наносов – наиболее крупные обломки сосредотачиваются в виде узкой полосы пляжа, а более мелкий материал сносится противотоком вниз по склону, где формирует прислонённую аккумулятивную террасу.

По завершении выработки профиля равновесия приглубого берега формируется обширный бенч, переходящий в пляж и представляющий обширную слабонаклонную к морю площадку, покрытую тонким слоем наносов. Во внешней подводной части побережья значительно разрастается аккумулятивная терраса, строение которой отражает последовательные стадии разрушения берега и накопления наносов. Ярко выраженная волноприбойная ниша и крутой нависающий клиф исчезают, и на удалении от воздействия волн сохраняется только отступивший склон.

**2. *Формы, созданные химической абразией.*** В результате её действия в сочетании с действием подземных вод, дренируемых склоном, могут возникать формы подземного карста: галереи, поноры и пещеры. Если берег сложен достаточно крепкими известняками, при выработке профиля равновесия развиваются временно существующие *абразионные останцы* (столбы, арки и прочие) подводного и надводного типов.

**3. *Формы, созданные термической абразией.*** При наличии крутых обрывов под её действием образуются волноприбойные ниши, а в условиях поднимающихся берегов – абразионная терраса и древняя поднятая волноприбойная ниша.

Создание приглубого побережья может проходить при оползневых процессах. Накопление оползневых масс происходит в основании склона. Часто нижняя часть оползня подвергается воздействию волн и выработке форм рельефа, типичных для приглубых берегов.

## **Типы побережий**

Геологическая деятельность волн в условиях различного рельефа побережья направлена к выравниванию береговой линии.

**Послеледниковая переработка берегов** происходит в условиях ингрессии и сплошных очертаний береговой линии. В условиях значительной ледовой переработки берегов возникли **фиордовые** (от норв. fjord – узкий, извилистый и глубоко врезающийся в сушу морской залив со скалистыми берегами) и **шхерные** берега (от шведск. Skär – утёс; шхеры – скалы и небольшие скалистые острова у морских берегов, изрезанных фиордами).

**Фиордовые берега** – затопленные древние троговые долины, образующие узкие крутосклонные глубокие заливы, разделённые древними ледоразделами.

**Шхерные берега** – затопленные ледниковые равнины с рельефом «бараньих лбов» или «курчавых скал», образующих множество островов на мелководье.

**Затопление речных долин** внеледниковых регионов приводит к образованию **риасовых берегов** с узкими извилистыми заливами в районах древних устьев рек (риасы – заливы, образовавшиеся в результате ингрессии моря в низовьях речных долин на гористых морских побережьях).

**В условиях отмелых берегов** и широкого развития эоловых форм встречаются извилистые затопленные **берега аральского типа**.

**Приливные берега.** Рельеф побережья океанов и открытых морей подвержен воздействию приливных сил. В условиях приглубых берегов приливы способствуют выработке клифа, определяя его подножие. На отмелых берегах большая скорость прилива по сравнению с отливом приводит к образованию аккумулятивных форм – **осушек**, или **ваттов** (нем. Watten, нидерл. wadden, датск. vade – прибрежные отмели) – их нарастание может привести к повышению местности и присоединению её к суше.

В процессе воздействия приливных волн в районе прибрежного мелководья часто образуются малые формы – желоба, западины, песчаные гряды и волны. Иногда гряды, ориентированные примерно параллельно приливному течению, могут достигать высоты до 20 метров при ширине два километра и протяжённости порядка первых десятков километров. Песчаные волны имеют меньшие размеры – несколько метров в высоту, сотни метров (редко первые километры) в длину и ориентированы перпендикулярно направлению приливов.

**Коралловые постройки на побережье тропических морей.** По отношению к суше выделяется несколько типов коралловых построек, рифов (от нидерл. rif – ребро – гряда камней, расположенная

близко к поверхности воды, образованная из подводных или невысоких надводных скал на мелководье):

➤ **окаймляющие рифы** – примыкают к берегу и развиваются от суши к морю (их поверхность разрушается под действием волн, образуя покров из обломков и песка);

➤ **барьерные рифы** образуют гряды, отгораживающие коралловую лагуну от открытого моря (коралловые гряды в большинстве случаев развиваются в зонах разломов);

➤ **коралловые постройки** тяготеют к вулканическим островам.

При общем погружении острова барьерный риф его обрамляет, наращивая постройку вверх. Если погружение превышает скорость роста кораллов, то образуется **атолл** – лагуна, обрамлённая кольцевым барьерным рифом.

## Прибрежно-морские россыпи

Среди прибрежно-морских россыпей выделяются пляжевые, барьерные, косовые, береговых валов, лагун, дельт и подводных склонов. Относительно уреза воды различают россыпи, поднятые над уровнем моря, и подводные (затопленные; часто включают россыпи континентального происхождения).

Благоприятные предпосылки для их формирования:

- 1) присутствие мощных источников обломочного материала;
- 2) наличие в береговой зоне магматических и метаморфических пород, обогащенных россыпеобразующими минералами;
- 3) формирование интенсивных вдольбереговых потоков в прибрежной зоне шельфа;
- 4) предшествующие современным интенсивные эпохи формирования россыпей и вторичных коллекторов;
- 5) конседиментационные движения (осаждение), которые обуславливают длительный активный лито- и гидродинамический режимы и телескопирование прибрежно-морской полосы.

Собственно прибрежно-морские россыпи отличает:

- 1) малая мощность, не превышающая одного метра, ширина в несколько сотен метров и очень большая протяжённость, достигающая десятков и даже сотен километров;
- 2) многоярусные (в виде кулис) плоско-линзовидные тела песков, чередующихся с мелководно-морскими отложениями, содержащими детрит морских раковин;

3) приуроченность рудных песков к верхней части баровых или пляжевых отложений;

4) фациальные переходы в континентальные, часто эоловые и лагунно-морские отложения в поперечном сечении россыпи;

5) хорошая сортировка и высокая степень окатанности, как правило, мелкозернистого песчаного материала;

6) косоволнистая *мульдообразная* (от нем. mulde – корыто; форма залегания слоёв горных пород в виде чаши или корытообразного прогиба) или *фестончатая* (от франц. feston – полоса с обращённым вниз узором равнобедренных треугольников) слоистости;

7) многокомпонентный состав, часто включающий рутил, ильменит и циркон и очень высокие (до 60...80% от массы песка) их концентрации.

## **ПОНЯТИЕ О БОЛОТАХ. СОСТАВ И СВОЙСТВА БОЛОТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ**

Под *болотом* принято понимать избыточно увлажнённый участок земной поверхности, покрытый слоем торфа мощностью не менее 30 в неосушенном и 20 сантиметров в осушенном состояниях. *Заболоченными* считаются избыточнувлажнённые *участки* с очень маломощным слоем торфа (или без него) с характерной влаголюбивой растительностью, где происходит накопление растительной массы. Существуют две схемы, объясняющие процесс заболачивания. Болота образуются при зарастании водоёмов путём образования береговой сплавины, обмелении водоёмов за счёт отложения донных осадков органического и минерального происхождения, снижения уровней воды в них. Зарастающих озёр с заболоченными берегами или уже безводных котловин с торфом на территории Вологодской области большое количество.

Заболачивание суши происходит следующим образом: возникающее избыточное увлажнение ухудшает аэрацию почвогрунтов, что приводит к смене растительного покрова участка – на нём поселяется специфическая болотная растительность. Остатки отмершей растительности в водной среде разлагаются слабо, образуя первые скопления торфа. Торф, обладая высокой влагоёмкостью, ещё больше способствует переувлажнению местности. В итоге формируется характерный болотный ландшафт (чаще всего) с моховой растительностью.

По данным специальных исследований даже наиболее древние торфяники европейской части России имеют максимум 10...12 тысяч лет возраста. Часто к заболачиванию (подтоплению) суши приводит необдуманная хозяйственная деятельность человека (сведение лесов).

Наблюдается чёткая приуроченность переувлажнённых участков суши к следующим геоморфологическим условиям:

1) к широким поймам рек, обычно с извилистыми руслами и с незначительными продольными уклонами;

2) к поймам озёр;

3) к выровненным широким водоразделам, где преобладает водное питание атмосферными и талыми водами при отсутствии дренирования;

4) к основаниям пологих (2...3°) делювиальных склонов, где выходят на поверхность грунтовые воды, или же их уровень находится очень близко к поверхности Земли.

Геоморфологические условия определяют и тип водно-минерального питания болот. А.Д. Брудастов выделяет пять типов водного питания: атмосферный, грунтовый, грунтово-напорный, склоновый и намывной. **Низинные (евтрофные)** болота (I стадия, рис. 9) имеют относительно большой привнос минерального вещества с притекающей сюда водой с высоких участков местности (доминирует грунтовый тип водного питания). **Переходные (мезотрофные)** болота (II стадия, рис. 9), имеющие водное питание за счёт выходов грунтовых вод и некоторой подпиткой за счёт атмосферных осадков, имеют небольшой привнос минерального вещества. **Верховые (олиготрофные)** болота (с III по VII стадии, рис. 9), питающиеся атмосферными осадками, существуют практически без привнесения минерального вещества извне.

На поверхности верховых болот часто наблюдается специфический микрорельеф: кочки и грядово-мочажинные комплексы. **Кочки** измеряются несколькими десятками сантиметров и располагаются вокруг древесных стволов или беспорядочно усеивают (с плотностью несколько штук на 1 м<sup>2</sup>) безлесную поверхность краевых низинных частей. Они образуются вследствие разных условий питания растений и скоростей прироста различных растительных сообществ, а также по причине неравномерности разложения и усадки торфа из-за местных гидрологических условий.

**Грядово-мочажинные комплексы**, типичные для верховых болот, представляют собой линейно вытянутые повышения высотой до



0,7 м, ориентированные поперек направления стока вод в болотном массиве. Они разделены *мочажинами* – понижениями, в которых застаивается вода (рис. 8; Тюремнов (1976)). В срединных частях болотного массива часто наблюдаются многочисленные мелководные озера с торфяным дном – это вторичные водоемы, возникающие на поверхности болот с плохими условиями питания растений, где прекращается образование торфа.



*Рис. 8. Грядово-мочажинный микрорельеф верхового болота*

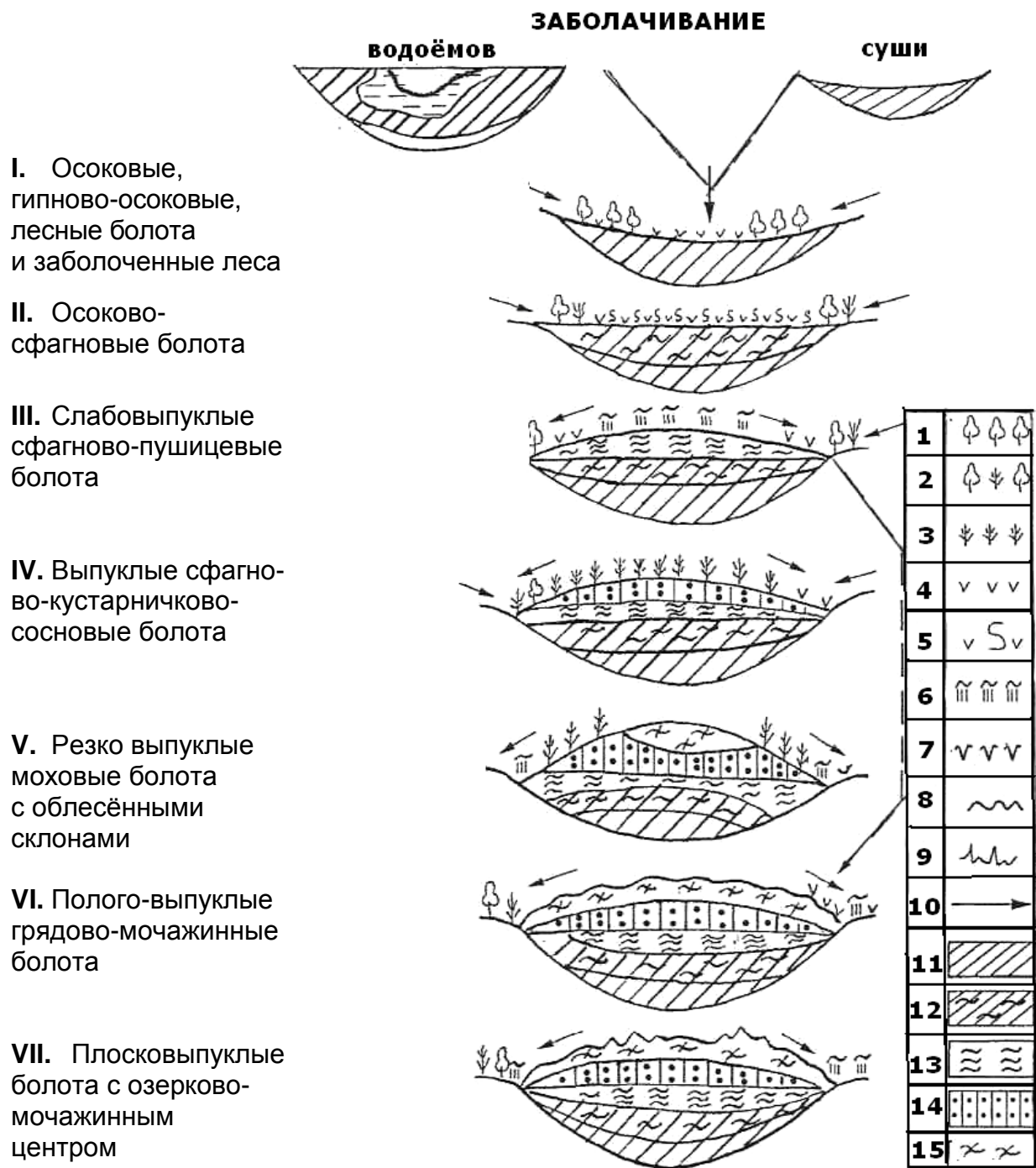
Развитие болота в условиях изменяющегося минерального и водного питания, вековых изменений климата приводит к формированию системы пространственно различных, но закономерно расположенных и взаимосвязанных болотных микроландшафтов (фаций).

Практически принадлежность болот к тому или иному типу устанавливается не химическими анализами, а по растительности, отражающей степень минерализации болотных вод.

В свою очередь, типы болот не являются неизменными, характеризуются стадиями развития. Начальный евтрофный тип сменяется на мезотрофный, а затем на олиготрофный типы. Длительность этих стадий различна по каждому болотному массиву и зависит, прежде всего, от исходных условий водно-минерального питания.

Обеднение среды и смена растительного покрова происходит преимущественно с центральной части болотных массивов. Такое развитие В.К. Галкиной (1946) названо *центрально-олиготрофным*. Именно по такой схеме развития, независимо от заболачивания суши или водоёмов, идёт болотообразовательный процесс.

*Состав и свойства болотных отложений.* Наиболее характерным типом болотных отложений считается *торф*, горная порода,



**Рис. 9. Стадии (I-VII) развития болот по Е.К. Галкиной (1946):**  
 группы ассоциаций (типов болот): **1** – лесные (ольховые, еловые и др.) на евтрофном торфе; **2** – лесные (сосново-берёзовые, берёзовые и др.) на мезотрофном торфе; **3** – лесные на олиготрофном торфе (сосняки кустарничково-сфагновые, сосняки сфагновые); **4** – осоковые, осоково-тростниковые, осоково-гипновые; **5** – осоково-сфагновые; **6** – сфагново-пушицевые; **7** – кустарничково-сфагновые с низкорослой сосной; **8** – грядово-мочажинные; **9** – озерково-мочажинные; **10** – направление стока воды; виды отложений торфов: **11** – осоковые; **12** – осоково-сфагновые переходные; **13** – пушицевые и пушицево-сфагновые; **14** – древесные; **15** – комплексные верховые

образовавшаяся при накоплении и разложении органических остатков, главным образом растительных, содержащая примеси песчано-глинистого материала. При строительной характеристике и оценке торфа определяют состав растительного материала, за счёт которого формируется торф, и степень его разложения, так как от этого изменяются влажность, влагоёмкость, водопроницаемость, консистенция, деформируемость, прочность и устойчивость этой горной породы.

**Название торфу** даётся по преобладающему в нём составу растений-торфообразователей. Среди последних различают моховой (гипновый, сфагновый), травяной (осоковый, тростниковый, хвощевой), кустарниковый и древесный. Например, в торфе содержится 15% осок, 33% травянистых остатков, 15% тростника, тогда он называется травянисто-осоковый с тростником.

**Степень разложения торфа** также зависит от растений-торфообразователей и условий водно-минерального, питания болот. Определяется методом центрифугования и выражается в процентах. По степени разложения выделяют четыре группы торфа: **I** – разложение 0...15; **II** – 16...30; **III** – 31...50; **IV** – больше 50%. Эти группы достаточно резко различаются по строительным свойствам. Пониженной степени разложения обычно отличается моховой торф, а наибольшей – торф, образовавшийся из древесных растений. Физико-механические свойства торфа зависят также от содержания в нём минеральных частиц – **зольности**. Несгорающий остаток – зола – образуется при сжигании торфа. Общая зольность складывается из первичной, образующейся из солей тканей растений, и вторичной, получающейся за счёт привнесения минерального вещества с водным питанием. Наиболее часто общая зольность торфов изменяется от 6 до 18% и уменьшается от древесных к моховым, в которых она снижается до 2%. В торфяной залежи с глубиной зольность повышается.

Отличительная черта торфов – их чрезвычайно высокая влажность, достигающая в торфяном массиве 5...10 и даже 20%. При высухании торфов наблюдается значительная их усадка. Торф слабо-водопроницаем, но хорошо разложившиеся торфа практически водонепроницаемы. В зависимости от степени разложения, зольности и уплотнённости торфа могут иметь **устойчивую** и **неустойчивую консистенции**. Торфа устойчивой консистенции можно выторфовывать (вырезать), они не расплываются, не выдавливаются из-под нагрузки. Торфа с неустойчивой консистенцией выторфовывать нельзя.

Торфа́ – это очень сильно, неравномерно и длительно сжимаемые породы. Анализ сжимаемости указывает на достаточно тесную её связь с генезисом торфов, со степенью их разложения, плотности и влажности. Наибольшей сжимаемостью обладают слаборазложившиеся торфа, наименьшей – сильноразложившиеся. Прочностные характеристики торфов так же, как и деформационные, зависят от их генезиса, степени разложения, плотности и влажности. Наибольшей прочностью обладают низинные высокозольные торфа.

Строение болотных толщ существенно определяет условия освоения и строительства сооружений. Строение болот характеризуется: мощностью болотных отложений, составом, условиями залегания и консистенцией болотных отложений, а также рельефом минерального дна болот. Такую элементарную часть болотного массива принято считать *болотным микроландшафтом*. Они формируют, объединяясь друг с другом, болотные массивы (*болотные мезоландшафты*). Эти же, в свою очередь, сливаясь в единую болотную систему, образуют *болотный макроландшафт* (или сложный болотный комплекс).

Выделяют три категории болотных мезоландшафтов: *простые* – образовавшиеся путём слияния в единое целое болотных микроландшафтов одного типа; *сложные* – образовавшиеся при слиянии микроландшафтов разных типов; *очень сложные* – образованы из микроландшафтов различных типов и стадий развития.

Болотные мезоландшафты развиваются в единой болотной впадине и представляют собой цельное образование, способное к саморазвитию и состоящее из взаимосвязанных сочетаний элементарных болотных микроландшафтов. Для европейского Севера существует классификация типов болотных ландшафтов.

*1. Болотные массивы, развивающиеся в замкнутых впадинах*, характеризующиеся центрально-олиготрофным типом развития. Отличаются округлой формой и слабой изрезанностью береговой линии. Форма поверхности меняется от вогнутой (через плоскую) к выпуклой. Они занимают бессточные котловины водоразделов и борových террас крупных рек. В эту группу входят:

*а)* облесённые моховики – изображаются на плане в виде замкнутых, чётко ограниченных контуров со слабо изрезанной краевой частью и с мелкокрапчатым рисунком; грунты – болотные, верховые, торфяные с большим содержанием минерального вещества;

б) резко выпуклые моховики – изображаются в виде округлого пятна с крапчатым рисунком по периферии и концентрически – полосчатым с редким мелким крапом в центральной части контура; мощность торфа увеличивается в центральной части болота;

в) пологовыпуклые моховики – изображаются на плане в виде ясно ограниченных округлых контуров с концентрически-полосчатым рисунком, состоящим из закруглённых к центру тёмных (мочажины) и светлых полос (гряды);

г) плосковыпуклые моховики – для их фотоизображения характерен сложный рисунок: в центре тёмно-серый с извилистыми полосками и чёрными округлыми или щелевидными пятнышками (мочажины); центр округлён концентрически-полосчатым рисунком, периферия отличается однородностью.

**2. Болотные массивы сточных западин** отличаются веерообразной формой и периферически-олиготрофным ходом развития. Они распространены в районах со сглаженным рельефом и развитием озёр в прошлом и настоящем. Эти массивы с хорошо выраженными водостоками в центральных частях на фотоснимках различаются по веерообразной форме контура, чётко ограниченного, открытого в сторону по уклону местности, по серым или темновато-серым тонам и наличию тёмноокрашенных узких полосок в центральных частях (водотоки). Болотные массивы сточных впадин с грядово-мочажинной топью в центральной части различаются также по веерообразной форме контура, чётко ограниченного, открытого по уклону местности с поперечно-полосчатым рисунком, вытянутым в сторону стока впадины.

**3. Болотные массивы логов** отличаются периферически-олиготрофным ходом развития, характеризуются лентовидной формой и изрезанностью береговой линии. Болота этой группы широко распространены в местностях с холмистым типом, они имеют низинную или, реже – переходную торфяную залежь. Такие массивы различаются на формы с проточной топью евтрофного и мезотрофного типов питания и с грядово-мочажинной проточной топью.

**4. Болотные массивы, располагающиеся на пологих склонах и по периферии озёр или их обмелевших заливах.** Ход их развития близок к периферическому (олиготрофному).

**5. Болотные массивы подножий склонов** обычно имеют форму трапеции.

**6. пойменные болотные массивы** чётко выделяются по приуроченности к поймам рек.

## РЕЛЬЕФ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Особенностью рельефа Вологодской области считается его происхождение, связанное с древним покровным оледенением. Образовавшиеся при оледенении, формы рельефа достаточно хорошо сохранились. Изучение мезоформ и, в меньшей мере, микроформ рельефа в совокупности с другими ландшафтными признаками даёт возможность достаточно полно понять геологическое строение, так как существует тесная взаимосвязь между формой рельефа, её происхождением и геологическим строением. Но для раскрытия этой связи, кроме опознавания форм рельефа необходимо знать принадлежность территории к тому или иному геоморфологическому комплексу. Различные по происхождению и строению формы рельефа могут быть сходны по внешнему облику, например, моренные холмы можно спутать с камами.

Среди **ЛЕДНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ** выделяются:

- а) основные и конечные морены;
- б) флювиогляциальные отложения;
- в) озёрно-ледниковые отложения.

**Основные морены** московского, калининского и осташковского отложений соответствуют в рельефе моренным волнистым и холмистым равнинам. Различия равнин, сложенных моренами разного возраста, определяются в основном неодинаковой степенью переработки первичного ледникового рельефа в послеледниковое время деятельностью поверхностных и подземных вод, склоновыми процессами и другими внешними факторами. Чем дальше преобразовывался ледниковый процесс, тем значительнее он утратил первоначальный облик. Северо-западнее линии с. Борисово-Судское → г. Кириллов и г. Каргополь наблюдается наилучшая сохранность ледниковых форм. Достигавшие этой линии льды последнего, осташковского оледенения, растаяли примерно 10 тыс. лет назад. Льды калининского оледенения, достигавшего линии г. Череповец → г. Вологда → г. Тотма → пгт. Верховажье, исчезли 50 тыс. лет назад. Восточные и юго-восточные районы области испытали воздействие московского оледенения, закончившегося 120 тыс. лет назад.

Наиболее чётко и уверенно основные морены различаются в пределах развития верхнечетвертичных калининского и, особенно, осташковского оледенений. Основные типы рельефа здесь – волнистые и полого-холмистые равнины. Первые представляют беспоря-

дочное чередование пологосклонных повышений с плоскими, часто заболоченными понижениями. Относительные превышения рельефа обычно не более первых метров, изредка возрастают до 5...6 метров. Холмистым равнинам присущи более резкие формы рельефа. Холмы в плане изометричны или слегка вытянуты, существенно различаются по высоте (от 5 до 25 метров), плановые размеры от десятков метров до нескольких километров. Крутизна их склонов различна, эрозионное расчленение незначительное. Понижения между этими холмами часто заняты небольшими озёрами.

Хотя лесной покров в пределах распространения основных морен значительно уничтожен, но отдельные сохранившиеся участки позволяют установить в распределении типов леса чёткую закономерность. На вершинах и склонах холмов, где обеспечен поверхностный сток, преобладают елово-мелколиственные леса, в нижних частях склонов и в понижениях между холмами – мелколиственные с примесью ольхи, в наиболее увлажнённых местах распространены болота. Степень сельхозосвоения моренных равнин высокая (до 70...80%, по всей площади располагаются населённые пункты, соединенные сетью дорог.

В пределах зоны московского оледенения ледниковый рельеф сохранился значительно хуже: вершины холмов выровнены, понижения между холмами частично заполнены продуктами сноса; заняты ложбинами. Рельеф имеет более выположенный характер с превышением высот ледникового рельефа 5...10 метров. Состав морены здесь преимущественно глинистый (валунные суглинки, супеси, реже глины). С поверхности морена обычно перекрыта безвалунными покровными суглинками, мощностью до 5 (6) метров. Из древесной растительности преобладают елово-мелколиственные леса.

**Конечные морены** в рельефе выделяются как холмы и гряды значительной высоты (до 25...30 метров и более), расположенные поперёк движения ледника. Холмы имеют преимущественно овальную форму и куполовидные вершины. Для гряд также характерны плавные очертания, но в зоне верхнечетвертичных оледенений гряды встречаются с узкими водоразделами и крутыми склонами. Понижения между холмами и грядами слабовогнутые, замкнутые, часто заняты узкими лентовидными болотами и озёрами. С внешней стороны полосы конечно-моренных образований часто оконтурены флювиогляциальными отложениями.

Состав отложений, слагающих конечные морены, литологически весьма пёстрый: это гравийно-песчаные отложения, пески, валунные супеси и суглинки (преобладают последние). Все эти отложения довольно беспорядочно замещают друг друга, как в горизонтальном направлении, так и по разрезу.

**Флювиогляциальные отложения** представлены в основном песками. Они слагают обширные зандровые поля, высокие террасы в долинах рек (долинные зандры) и грядообразные возвышенности внутриледниковой аккумуляции – озы. Вблизи конечных морен зандровые поля имеют плоско-выровненный, переходящий в грядово-холмистый, рельеф.

Местами поверхность зандровой равнины прорезала ложбинами стока или долинами рек, глубиной до 15 – 20 метров, на остальной площади амплитуда отметок рельефа не более 10 метров, а уклоны поверхности составляют первые градусы. Также наблюдаются следы эоловых процессов – невысокие дюнные всхолмления. В лесном покрове зандровых полей преобладают сосняки. Распределение различных типов сосновых лесов связано с глубиной залегания подземных вод. Гидрографическая сеть зандровых равнин весьма редкая, на плоских водоразделах располагаются верховые или же переходные болота. Почвы на флювиогляциальных песках бедные, поэтому степень их сельхоз-освоения незначительна. Полями заняты отдельные небольшие участки территории среди сплошных лесных массивов.

Долинные зандры слагают высокие террасы долин рек. От террасового аллювия они отличаются только по составу, и надёжное их разграничение возможно лишь при детальном исследовании.

Озы представляют собой узкие гряды высотой от 10...15 до 25...30 метров различной протяжённости (от 1...2 до 30...40 километров). Ширина их гребней изменяется от первых до 25...30 метров, крутизна склонов колеблется в пределах от 10 до 30°. Озы нередко сопровождаются с обеих сторон узкими понижениями, занятыми озёрами или низинными болотами. Сложены они литологически пёстрыми отложениями – от валунов и галечников до ленточных глин, но преобладают пески. В связи с этим в большинстве случаев озы покрыты сосновыми лесами.

**Озёрно-ледниковые отложения** представлены внутриледниковыми образованиями (камы) и осадками озёрных бассейнов, существовавших у края ледника. Высота камов находится в интервале от 5 до 20 метров, крутизна их склонов до 30°. В большинстве случаев



камы располагаются на «пьедестале» из основной морены. Они сложены слоистыми песчано-глинистыми осадками, реже – косослоистыми песками с гравием. С поверхности эти отложения перекрыты валунными супесями и суглинками.

Песчаные камы хорошо дренированы и чаще всего покрыты чистыми сосновыми лесами; на камах, сложенных песчано-глинистыми грунтами, преобладают сосново- (иногда елово-) мелколиственные леса. Структура фотоизображения камового рельефа очень своеобразна: беспорядочно чередуются округлые и удлинённые пятна различных оттенков серого цвета. Местами камы встречаются совместно с озами и озёрными отложениями, формируя разнообразные озово-камово-озёрные ландшафты.

Озёрно-ледниковые отложения в рельефе занимают наиболее пониженные участки с плоской поверхностью. Часто такие осадки образуют верхние террасы долин рек в долинных расширениях. Сложены они преимущественно ленточными глинами, реже мелкозернистыми песками. С поверхности минеральные осадки часто заторфованы. В краевых, относительно приподнятых частях озёрно-ледниковых понижений, преобладают сосновые (часто угнетённые) и сосново-мелколиственные, в центральных частях – мелколиственные леса. Местами встречаются небольшие зарастающие озёра и болота низинного типа. Населённые пункты немногочисленны и расположены на наиболее возвышенных сухих участках.

**ФЛЮВИАЛЬНЫЙ РЕЛЬЕФ.** Речные долины – основа такого типа рельефа. С ним связаны эрозионно-аккумулятивные формы, созданные временными русловыми водными потоками, и склоны, на которых происходит водная эрозия. Проявляя относительную самостоятельность развития, речные долины и их водосборные бассейны взаимосвязаны и образуют флювиальные геосистемы.

В настоящее время флювиальный рельеф активно развивается. В Вологодской области преобладают речные долины протяжённостью менее 10 километров. На их долю приходится около 95% общего количества, по протяжённости – около 55% сети речных долин. На долины длиной от 10 до 25 километров и на реки и их долины длиной от 26 до 100 километров приходится по 15% общей протяжённости. На реки длиной от 101 до 300 километров – примерно 7% общей протяжённости речных долин.

**КАРСТОВЫЙ РЕЛЬЕФ.** Карст обычно активно развивается там, где в непосредственной близости к дневной поверхности залега-

ют растворимые горные породы (известняки, гипс, каменная соль). Из карстовых форм на территории Вологодской области встречаются: воронки, блюдца, котловины и ложбины. Карстующиеся породы обычно перекрыты слоем почвы и рыхлых нерастворимых отложений (песков, глин, торфа), поэтому, в отличие от поверхностного (обнажённого) карста, развивающегося в местах выхода растворимой породы на дневную поверхность, в Вологодской области карстовые системы, как правило, имеют провальный характер. Карстовые воронки и блюдца (нечётко выраженные мелкие воронки) зачастую заняты озёрами; по некоторым карстовым ложбинам протекают водотоки, которые могут «уходить» под земную поверхность.

Карстовый рельеф по области встречается хаотично. Это, прежде всего, Андомская возвышенность в пределах Карбонового плато, карстовая река Ужла; на водоразделе Онежского и Белого озёр имеется несколько десятков периодически исчезающих озёр; Колпинская равнина и Молого–Судская низина. Также карстовые проявления имеются на правом берегу реки Чагоды, к югу от деревни Званец, и на востоке области в структурах осевой части Солигаличско-Сухонского мегавала. Карстово-суффозионные формы наблюдаются здесь в полосе шириной до 15 000 метров, продолжающейся на северо-запад от села Бобровское по направлению к Кондасскому болоту.

**ЭОЛОВЫЙ РЕЛЬЕФ** в виде дюн развит на узкой полосе вблизи деревень Щекино и Едины на побережье Онежского озера; здесь же встречаются дюны, перевеянные в бугристые пески. Также такой рельеф встречается в Молого-Судской низине, нижнем течении реки Кубены. На юго-востоке области в результате вырубок лесов и других видов техногенного воздействия на долинных зандрах и на песчаных террасах появляются участки развеваемых песков, вплоть до образования дюн.

**ТЕХНОГЕННЫЙ РЕЛЬЕФ.** К таким, наиболее древним крупным формам рельефа, относятся защитные земляные валы, сооружаемые вокруг городов. В XIII веке для улучшения судоходства 250-метровым прокопом была спрямлена 21-километровая излучина на реке Сухоне около устья реки Вологды. В дальнейшем, в XX веке, крутые меандры Верхней Сухоны неоднократно спрямлялись, причём на месте старых русел образовывались острова.

Мощные дамбы, созданные в целях судоходства в XIX веке, состоящие частично из крупных валунов, на многие десятки километров протягиваются вдоль южных побережий Белого и Онежского

озёр. К техногенным формам рельефа также относятся следы древних копаней, карьеров и многочисленные современные открытые разработки по добыче полезных ископаемых (песков, песчано-гравийных отложений, глин, торфа, известняков).

## **ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ**

Доступность поверхностных четвертичных отложений и лёгкость добычи открытым способом с давних времён привлекала человечество к использованию связанных с ними месторождений минерального сырья. Месторождения полезных ископаемых в четвертичных отложениях всегда приурочены к определённым генетическим типам. Это позволяет выделить на картах четвертичных отложений, обычно построенных по генетически-возрастному принципу, перспективные площади на добычу тех или иных полезных ископаемых.

### **Элювиальные месторождения**

С элювием связаны два основных вида полезных ископаемых – россыпи и строительные материалы. Кроме того, в керамическом и фарфоровом производствах используются каолиновые глины химических кор выветривания.

*Россыпи* представляют собой вторичные концентрации полезных минералов среди рыхлых обломочных отложений, возникшие в процессе разрушения коренных горных пород и минеральных месторождений. В них, главным образом, концентрируются минералы с повышенной плотностью ( $>4,0$ ), высокой механической прочностью и химической стойкостью. Важнейшим фактором, определяющим формирование россыпей, считаются коренные источники ценных минералов, геологическое строение, рельеф и климат.

Наиболее важное промышленное значение имеют элювиальные россыпи редких металлов (тантала, ниобия, титана и др.), а также золота и платины. Кроме того, разрабатываются россыпи алмазов, барита, пьезокварца, корунда, топазов, изумрудов, сапфиров и других драгоценных и полудрагоценных камней. Элювиальные россыпи образуются в контурах эндогенных месторождений коренных пород или рудоносных осадочных образований. Состав и характер распределения в них полезных минералов, чаще всего, наследуется от ко-

ренных рудных скоплений. Относительное содержание полезных компонентов в россыпях обычно выше, чем в материнских породах. Элювиальные россыпи в большинстве случаев имеют небольшие размеры.

Наиболее благоприятными для формирования элювиальных россыпей служат области с гумидным тропическим, субтропическим и умеренным климатом. Здесь происходит наиболее интенсивное химическое выветривание, способствующее наибольшему разрушению коренных пород и высвобождению полезного ископаемого.

Элювиальные россыпи алмазов приурочены к тропической гумидной зоне (Южная Африка) и образуются, главным образом, на кимберлитовых трубках и, реже, дайках, выходящих на дневную поверхность. По своей форме они повторяют очертания кимберлитовых тел. Общая мощность кор выветривания кимберлитов, образование которых шло длительное время, включая и четвертичную эпоху, в Африке достигает 200...350 метров, и в них прослеживается чёткая вертикальная зональность. Как правило, россыпи отличаются высоким содержанием алмазов, достигающим 200...300 карат на м<sup>3</sup>. Это примерно от трёх до шести раз выше, чем их содержание в неизменённых породах.

Элювиальные россыпи ильменита возникают за счёт выветривания пород основного состава. Промышленное значение имеют также элювиальные россыпи касситерита в корах выветривания латеритного и каолинитового типов.

В засушливых полярных или жарких областях с большими перепадами суточных и сезонных температур образуются россыпи физического выветривания. Их промышленное значение по сравнению с россыпями химических кор выветривания намного меньше. Полезный компонент в элювиальных россыпях физического выветривания чаще всего заключён в обломках коренных пород в сростках с другими минералами. Его содержание близко к концентрациям в коренном источнике. Благодаря гравитационной просадке в ряде случаев происходит обогащение полезным компонентом нижней части элювия.

## **Субаэрально-фитогенные месторождения**

С субаэрально-фитогенными образованиями связаны торфяные месторождения, широко развитые в Северной Евразии. Промышленное месторождение представляет собой торфяную залежь, обра-

зованную напластованием торфов различных видов, которая по размерам, качеству и условиям залегания пригодна для разработки.

Промышленная добыча торфа производится на месторождениях площадью свыше 100 гектаров, где его мощность составляет до нескольких метров. Месторождения меньшей площади разрабатываются для местных нужд.

## **Коллювиальные месторождения**

С коллювиальными отложениями, имеющими широкое распространение и большое литологическое разнообразие, связаны месторождения различных видов нерудного сырья. Крупные скопления обвального и осыпного коллювиев могут рассматриваться в качестве месторождений строительного камня и щебня. Коллювиальные отложения используются, главным образом, как материал для полотна дорог, насыпных плотин, сооружения каналов и подсыпки морских пляжей. С делювиальными шлейфами склонов зачастую связаны небольшие скопления глин, которые могут быть использованы для изготовления кирпича и в гончарном производстве.

Коллювиальные россыпи образуются при перемещении элювия коренных месторождений или элювиальных россыпей под влиянием различных склоновых процессов (плоскостного смыва, оползней, солифлюкции и т.д.). Среди них наиболее широко распространены делювиальные россыпи, имеющие в общем случае веерообразную или вытянутую форму. Наиболее благоприятными условиями для образования делювиальной россыпи считаются такие, когда выход рудной жилы расположен по падению склона. Промышленные делювиальные россыпи образуются довольно редко, лишь при разрушении очень богатых и крупных коренных источников или более древних россыпей.

Делювиальные россыпи золота, олова, вольфрама и танталониобатов имеют небольшие размеры: протяженность в первые сотни и мощность до 10 метров. Ширина россыпи, как правило, определяется размерами выхода на склоне источника питания.

Солифлюкционные россыпи формируются на коренных склонах при массовом смещении обломочного материала, происходящего при жидко- или вязко-текучей концентрации грунта. Особенно они характерны для зоны вечной или сезонной мерзлоты, где движению масс на склонах способствует значительная водонасыщенность обломочного материала в условиях периодического промерзания и от-

таивания, а также для влажных тропических районов, где обогащённые мелкозёмом массы движутся в условиях переменного намокания и просыхания.

При солифлюкционном смещении полезный компонент распределяется в толще склоновых отложений сравнительно равномерно, а перемещение его от источника питания может достигать многих сотен метров. В вертикальном разрезе концентрации полезного компонента, как правило, приурочены к основанию солифлюкционных отложений. На склонах массового смещения, сложенных крупноглыбовыми развалами (курумы, каменные реки), а также при участии вертикального перемещения материала под влиянием криогенных процессов, возникают два обогащённых прослоя в основании разреза и в поверхностном слое.

Известны оловянные, оловянно-вольфрамовые и золотоносные солифлюкционные россыпи, а также россыпи алмазов, ювелирных камней и некоторых других ценных компонентов.

## **Аквальные (водные) месторождения**

С аллювиальными, пролювиальными и озёрными отложениями аквальной группы генетических типов, отличающимися большим литологическим разнообразием, связаны месторождения многих видов полезных ископаемых. Среди них наиболее важными считаются россыпи, стройматериалы и пресные подземные воды.

***Аллювиальные месторождения.*** Аллювиальные россыпи золота, платины, касситерита, вольфрамита, алмазов и других полезных минералов представляют огромный промышленный интерес, интенсивно разрабатываются и разведываются.

На образование этих россыпей решающее влияние оказывают гидродинамические условия переноса наносов и миграционная способность (или подвижность) полезных минералов. Наибольшую подвижность имеют алмаз и циркон, наименьшую – золото и платина. Промежуточное положение между ними занимают монацит, магнетит, шеелит, касситерит и прочие минералы.

Перенос и концентрация золота и платины, в связи с очень большой их плотностью, возможны только при высоких придонных скоростях течения. Поэтому россыпи этих металлов, как правило, приурочены к грубому аллювию однорукавных русел, отлагающемуся в наиболее активной гидродинамической обстановке. Самой благоприятной для формирования россыпей служит стрежневая фация.

Накопление россыпных минералов в большинстве случаев происходит в фазу врезания, когда русловые процессы характеризуются наибольшей активностью.

В *строении аллювиальных россыпей по вертикали* (снизу → вверх) различают: 1) плотик, или коренное ложе; 2) пески – горизонт отложений, обогащённый полезным компонентом; 3) торфа – горизонт пустой породы. Россыпи, состоящие из одного горизонта торфов и одного горизонта песков, называются простыми, а из нескольких горизонтов этих материалов – сложными. В последнем случае каждый прослой пустой породы служит торфами для нижележащего горизонта песков и ложным (не коренным) плотиком – для вышележащего горизонта.

подавляющее большинство золотоносных россыпей залегает на коренном плотике или над ним в щебнисто-галечных отложениях, скреплённых в плотную массу глинистым или песчано-глинистым заполнителями. В них часто встречаются слабо окатанные валуны, принесённые потоком, и угловатые обломки различных размеров, образующиеся при выветривании плотика. Золото, сравнительно легко проходящее через строжневые галечниковые слои с песчаным заполнителем, задерживается в слоях с глинистым цементом, так как гравитационное перемещение и вибрационная просадка здесь резко уменьшаются. Глинистая фракция формируется в процессе истирания движущихся обломков, а также за счёт выветривания пород плотика. Если плотик сложен крепкими, но очень трещиноватыми породами, часто образуется так называемая «плотиковая щётка», характеризующаяся неровной поверхностью с многочисленными бороздами, глубокими карманами и выступами. Эта щётка задерживает перемещающиеся россыпеобразующие минералы. В результате могут сформироваться плотиковые россыпи, к которым относятся многие самые крупные и богатые по содержанию полезного компонента аллювиальные россыпи.

По отношению к источнику питания и условиям формирования различают *россыпи ближнего сноса* (автохтонные) и *дальнего переноса и переотложения* (аллохтонные). Россыпи золота и платины ближнего сноса обладают очень малой горизонтальной миграционной способностью. Поэтому верховья речных долин в золотоносных районах наиболее благоприятны для формирования россыпей автохтонного типа, расположенных в непосредственной близости (15...20 км) от источников питания.

В результате высокой шероховатости русел в верхних частях горных долин улавливается почти всё свободное золото, поступающее со склонов и распадков. Кроме того, обломки пород, содержащих золото или платину, наиболее интенсивно разрушаются и окатываются на первых километрах переноса. Россыпи ближнего сноса имеют грубообломочный состав, небольшие мощности продуктивных пластов (первые метры) и сравнительно крупные размеры зёрен полезных минералов.

При формировании россыпей непосредственно на плотике, кроме строения коренных пород, большое значение имеет также и его рельеф. Значительные эрозионные понижения, которые могут быть ловушками для тяжёлых, минералов, часто формируются под воздействием водоворотов, образующихся в струе направляющих перемычек. Поэтому реки с большим количеством перемычек этого типа весьма благоприятны для формирования гнездовых плотиковых россыпей. Благоприятным фактором для формирования россыпей ниже суживающих перемычек также служит уменьшение уклона продольного профиля русла и скорости потока.

Гидродинамические условия в углублениях под водопадами очень благоприятны для естественного обогащения аллювия тяжёлыми минералами. Аллювий, выполняющий углубления под водопадами, нередко характеризуется повышенным (до четырёх раз) содержанием знакового золота. Небольшие, но очень богатые россыпи такого типа, называются старателями «золотыми сундуками».

Россыпи дальнего переноса и переотложения (аллохтонные) образуются за счёт устойчивых к выветриванию и механическому истиранию тяжёлых минералов. К типично-аллохтонным россыпям относятся косовые россыпи золота, часто приуроченные к отложениям разветвлённых русел. Для косовых золотоносных россыпей наиболее благоприятными считаются отложения субфаций побочной и головных частей кос и островов. Среди субфаций протоков большой интерес представляют грубые отложения основных русел и крупных продольных протоков.

Для накопления россыпи редких металлов (монацит, ильменит, циркон и других) в пределах речных долин наиболее благоприятна подпрудная фациальная обстановка, образующаяся перед перегораживающими перемычками, а также разветвлённые русла.

Алмаз, как самый подвижный минерал, может формировать россыпи, значительно удалённые от коренных источников. Для образо-



вания россыпных концентраций алмазов наиболее благоприятна гидродинамическая обстановка стрежня потока и в особенности плёсов. В отложениях разветвлённых русел богатые россыпи алмазов чаще всего приурочены к головным частям кос и островов, сложенных наиболее грубым, обычно валунно-галечниковым материалом. В изгибающихся руслах россыпи алмазов тяготеют к побочной фации.

подавляющее большинство аллювиальных россыпей золота, платины и других полезных минералов залегают на коренном плотике и поэтому их называют «плотиковыми». Тем не менее, при накоплении констративного аллювия значительной мощности, могут образоваться, так называемые, «надплотиковые россыпи», часто имеющие ярусное строение. При их формировании роль ложных (некоренных) плотиков из грубого слабо перемещаемого материала могут играть отложения субфации основных русел и, в особенности, самоотмокки. Для накопления россыпного золота и платины наиболее благоприятны ложные плотики, сложенные грубым валунно-глыбовым или щебнисто-галечниковым материалом, скреплённым глинистым или песчано-глинистым цементом.

В констративном аллювии террас концентрация тяжёлых минералов надплотниковых россыпей отмечается также в слоях и линзах галечников с наиболее крупными гальками и валунами. Как правило, слои и линзы, обогащённые такими материалами, с очень плохой механической дифференциацией и повышенной глинистостью (10...20% от общего количества заполнителя), содержат повышенное содержание золота.

В зависимости от геоморфологического положения выделяются следующие *типы четвертичных аллювиальных россыпей*: 1) русловые; 2) косовые; 3) долинные или пойменные; 4) террасовые; 5) погребённых врезом; 6) приподнятой (древней) гидросети.

*Русловые россыпи* залегают в русле водного потока или непосредственно под ним и находятся в процессе формирования. Они образуются путём непосредственного размыва коренного источника или за счёт более древних долинных и террасовых россыпей. Обычно русловые россыпи содержат небольшие запасы, но служат надёжным поисковым признаком более крупных месторождений других типов. Самостоятельное промышленное значение имеют лишь русловые россыпи алмазов, золота, платины и поделочных камней.

*Косовые россыпи* приурочены к галечным островам, косам и прирусловым отмелям (побочням). Они относятся к автохтонному

типу, имеют гнездовой характер и представлены маломощными слоями и линзами, обогащёнными полезными минералами, чередующимися с прослоями «пустых» отложений. Мощность продуктивного пласта, локализующегося в верхних горизонтах аллювия, редко превышает один метр. Промышленное значение таких россыпей невелико, но косовые россыпи, как и русловые, служат надёжным признаком наличия в долинах других видов россыпей и их коренных источников.

**Долинные россыпи** связаны с дном современной долины. Они залегают в поймах и считаются уже окончательно сформировавшимися. Долинные россыпи наиболее широко распространены и имеют наибольшее практическое значение для добычи золота, платины, олова, титана и алмазов. В отличие от русловых и косовых россыпей, они утратили связь с современным руслом и отделены от него толщей рыхлых пород, не содержащих промышленных концентраций полезных минералов. Долинные россыпи приурочены к коренному ложу долины (плотику) и реже к поверхности размыва внутри рыхлой толщи (ложному плотнику).

Морфология и запасы полезных минералов долинных россыпей находятся в тесной связи с размерами речных долин. В долинах малых водотоков преобладают лентообразные россыпи с высокими концентрациями, но небольшими запасами. Для крупных долин характерны струйчатые, изометричные и гнездовые россыпи с весьма неравномерным распределением и, в целом, низкими концентрациями. Наибольшие запасы полезных минералов сосредоточены в россыпях долин средних размеров.

**Террасовые россыпи** залегают в аллювии речных террас и образуются из долинных россыпей, сохранившихся после формирования нового врезания (по существу, это древние долинные россыпи). Россыпи эрозионных террас приурочены к плотнику коренных пород (плотиковой щётке) и не имеют аллювиальной покрывки. В цокольных террасах россыпи слагают нижнюю часть аллювия. Россыпи аккумулятивных террас залегают внутри толщи аллювия на ложных плотниках различного генезиса. Концентрации полезных компонентов, главным образом, алмазов, золота, платины и касситерита, определяются богатством источников питания и зависят от соотношения привноса и выноса полезных минералов при перемещении их с одного террасового уровня на другой. Если при переотложении россыпи на нижний уровень происходит дополнительное поступление полезных

минералов из источников питания, вскрываемых при врезании реки, концентрации полезных компонентов увеличиваются от верхнего уровня к нижнему, достигая максимума на последнем. В случае, когда дополнительное питание в россыпь не поступает, концентрация полезных минералов, вследствие их выноса рекой к нижнему уровню, постепенно уменьшается.

**Россыпи погребённых врезов** могут содержать значительные запасы полезных минералов. Но их обнаружение и разведка требуют проведения геофизических и буровых работ, а также детального палеогеоморфологического анализа.

**Россыпи приподнятой (древней) гидрографической сети** имеют различное высотное положение по отношению к днищам современных долин и могут быть приурочены как к низким, так и высоким водоразделам. К настоящему времени россыпи современной гидросети в значительной мере выработаны стоит весьма важная – открытие древних россыпей золота и других полезных минералов. При изучении мощных толщ древнего аллювия в целях поиска россыпей его фациальный анализ приобретает первостепенное значение.

**Строительные материалы.** К современным и древним аллювиальным отложениям приурочено большинство месторождений песка и гравийно-галечного материала. Аллювиальные пески применяются для очень разнообразных целей, в том числе и как формовочное сырьё для производства низкосортного стекла, силикатного кирпича и бетона, а галечники и валуны широко используются в качестве балласта при дорожном строительстве. В горном аллювии достаточно чистые строительные пески, без примеси галек и валунов, приурочены к отложениям подпрудной субфации.

Особого внимания заслуживают отложения субфации зоны выклинивания подпора. Они обладают равномерным составом; в них практически нет глинистых и пылеватых частиц, а также органических веществ, понижающих качество бетона.

**Подземные воды.** С аллювиальными отложениями, как правило, связаны богатые запасы пресных вод. Высокая пористость песчано-гравийно-галечниковых слоёв, вложенных в коренные породы, которые считаются обычно малопроницаемыми и образуют более или менее хорошие водоупоры, способствует активной инфильтрации в них (в аллювий) поверхностных вод, естественной очистке последних и формированию больших их запасов. Важно то, что они постоянно

пополняются. Месторождения аллювиальных подземных вод повсеместно и активно эксплуатируются.

**Проллювиальные месторождения.** Полезные ископаемые, связанные с конусами выноса и их предгорными шлейфами, развиты главным образом в аридных и семиаридных областях. Наибольший практический интерес представляют конусы выноса рек с постоянным стоком или наземные сухие дельты рек. К их вершинной зоне, сложенной мощными толщами валунно-галечных отложений потоковой фации, приурочены месторождения балластового сырья со значительными запасами. В краевой зоне таких конусов осадки застойно-водной группы фаций могут быть представлены суглинками, пригодными для производства кирпича.

Проллювиальные россыпи характеризуются слабой сортировкой обломочного материала и, как правило, низкой и неравномерной концентрацией полезных компонентов. Промышленные проллювиальные россыпи образуются редко. Известны проллювиальные россыпи алмазов, золота, касситерита и других. В пределы конусов выноса выносятся, преимущественно, мелкое золото, перемещаемое во взвешенном состоянии. Вместе с ним могут перемещаться циркон, ильменит, касситерит и другие минералы небольшой плотности.

Крупные конусы выноса постоянных рек обычно сильно обводнены. Хорошая водопроницаемость отложений потоковой и веерной фаций пролювия способствует достаточно интенсивной циркуляции подземных вод. Поэтому крупные проллювиальные конусы выноса постоянных рек содержат большие запасы пресных подземных вод, которые интенсивно эксплуатируются. Проллювий рек временного стока получает гораздо меньше инфильтрующихся поверхностных вод и его литологические особенности обуславливают очень малые скорости фильтрации. Поэтому запасы подземных вод в его толщах невелики, а сами воды в большинстве своём сильно минерализованы.

**Озёрные месторождения полезных ископаемых.** С такими отложениями связаны разнообразные виды полезных ископаемых, нередко имеющие важное промышленное значение. Среди них, прежде всего, надо отметить сапропели, которые представляют собой донные перлитовые осадки, переполненные планктоном и растительными остатками, переработанными анаэробными бактериями. Сапропели служат сырьём для химической промышленности, используются как эффективное удобрение и для подкормки животных, так как обладают биостимулирующими и свойствами. Озёрные диатомиты исполь-

зуются в пищевой и химической промышленности, а также как шлифующий материал.

В донных осадках озёр могут формироваться железомарганцевые конкреции, скопления которых называют озёрными рудами. Такие руды не образуют крупных промышленных скоплений, но в прежние времена достаточно широко разрабатывались. Важно отметить, что после выработки они возобновляются через 15...20 лет.

К озёрным полезным ископаемым также относятся концентрированные калий-натриевые растворы солей современных озёр бессточных котловин сухих и жарких областей. Их соляная масса состоит из соляного рассола и твёрдой субстанции, находящихся в состоянии подвижного равновесия. Очень важны в практическом использовании самоосадочные соли сульфатных и хлоридных озёр, из которых добывается мирабилит, сода, поваренная соль, бораты и прочие компоненты.

С озёрными отложениями связаны лечебные грязи и илы, имеющие большое бальнеологическое значение при лечении некоторых заболеваний. Пляжевая и прибрежные фации озёрных отложений могут содержать скопление галечников, гравия и песков, пригодных для разработки в качестве стройматериалов и формовочных песков. Месторождения озёрных глин обычно маломощны и пригодны только для местного кирпичного производства.

Для нужд сельского хозяйства используется озёрный мергель или «гажа», который содержит от 50 до 95% карбоната кальция. Поэтому, его применяют для известкования кислых почв для повышения их плодородия.

Озёрные россыпи генетически связаны с волновыми и волно-прибойными процессами, а также с деятельностью течений в пределах замкнутых водных бассейнов. Однако их гидродинамическая активность очень мала и это определяет крайне слабую россыпеобразующую дифференциацию отложений в озёрных водоёмах или в их береговой зоне. Поэтому появление озёрных россыпей полезных ископаемых – достаточно редкое явление. Такие россыпи, в основном, образуются за счёт выносимого реками материала, а также при размыве коренных источников и промежуточных коллекторов, расположенных в береговой озёрной зоне. Известны промышленные пляжевые озёрные россыпи золота, алмазов, шеелита, касситерита и танталониобатов, а также донные россыпи янтаря, приуроченные к илистым осадкам глубоководной фации.

## Ледниковые месторождения

Изменчивый гранулометрический состав моренных отложений, богатых глинистыми разностями, ограничивает их использование в качестве месторождений строительных материалов. Маловалунные суглинисто-глинистые морены применяют для производства кирпича. С перемытыми моренами связаны крупные скопления валунов, которые могут быть использованы как балластный материал при дорожном строительстве.

Моренные россыпи встречаются крайне редко, так как процесс формирования ледниковых отложений не способствует россыпеобразованию. Эти россыпи возникают в результате включения в состав ледниковых отложений (при их накоплении) образований других генетических типов, чаще всего аллювиальных, содержащих ценные минералы. Полезными компонентами ледниковых россыпей могут быть алмаз, золото, платина и ювелирные камни. Хотя ледниковые россыпи редко разрабатываются, они могут представлять собой промежуточные коллекторы для образования аллювиальных и прибрежно-морских россыпей.

Водно-ледниковые (или флювиогляциальные) отложения, с точки зрения их использования в качестве строительных материалов представляют наибольший практический интерес. Это объясняется их широким распространением в областях древнего материкового оледенения и пёстрым гранулометрическим и литологическим составом. Промышленные скопления песчано-гравийной смеси приурочены главным образом к флювиогляциальным дельтам, зандрам, озам и камам средне- и позднечетвертичного возрастов. Полезная толща этих месторождений обычно имеет неоднородное линзовидно-слоистое строение. Наиболее крупные зандровые накопления иногда содержат песчано-гравийную смесь в количестве от 40 до 60 млн. м<sup>3</sup>, но обычны месторождения с запасами от 15 до 20 млн. м<sup>3</sup>. Для месторождений зандрового типа характерны выдержанность мощности и постепенное уменьшение крупности обломочного материала по мере удаления от края бывшего ледника. Меньшие запасы песчано-гравийной смеси приурочены к озам и камам. Флювиогляциальные пески характеризуются непостоянным гранулометрическим составом, слабой окатанностью и значительной глинистостью. Используются они в качестве формовочного, реже стекольного сырья.

Из озёрно-ледниковых отложений практический интерес представляют ленточные глины и пески, развитые в контурах бывших приледниковых озёрных бассейнов. Применяются они для производства кирпича и других строительных материалов.

## **Эоловые месторождения**

Среди эоловых отложений практический интерес представляют пески, лёссы, а также россыпи. Эоловые пески по своим литологическим показателям пригодны для дорожно-строительных работ, а также для изготовления бетона и используются в качестве формовочного сырья. Кварцевые пески используются в стекольном производстве и при изготовлении силикатного кирпича. Лёссы применяются для производства саманного кирпича. Более тяжёлые суглинки, лишённые известковистых конкреций, пригодны для изготовления черепицы и для гончарного производства. Имея покровное залегание и значительную мощность, лёссы могут иметь крупные месторождения.

Эоловые россыпи обычно образуются в аридных районах за счёт переработки ветром россыпей других типов, в основном прибрежно-морских. В зависимости от преобладания выдувания (дефляции) или накопления материала, различаются дефляционные россыпи и россыпи эоловой аккумуляции. Первые развиты преимущественно во внутриконтинентальных аридных районах при господстве ветров одного направления, наличии промежуточных коллекторов и отсутствии растительного покрова. Россыпи эоловой аккумуляции преобладают на открытых морских и океанических побережьях, имеющих благоприятную ориентировку относительно преобладающих ветров. Они образуются при наличии пляжей с достаточными запасами песка, обогащённого полезными минералами. В результате перевевания песков аккумулятивных береговых форм рельефа возникают дюнные эоловые россыпи, иногда достигающие значительных размеров.

## **Субаэрально-морские отложения**

В субаэрально-морских отложениях серьёзный практический интерес представляют только дельтовые накопления, с которыми связаны некоторые виды россыпей и месторождения строительных материалов, а также глин для кирпичного и гончарного производств.

Дельтовые россыпи образуются за счёт полезных компонентов, содержащихся в обломочном материале, выносимом реками с суши.

Они формируются в результате сложного взаимодействия речных и морских эрозионно-аккумулятивных процессов, при определённых условиях приводящих к промышленной концентрации полезных минералов. Большинство дельтовых россыпей относятся к аллохтонным россыпям дальнего сноса и переотложениям. Им характерны минералы, обладающие значительной, миграционной способностью (циркон, ильменит, рутил, монацит, алмаз и янтарь). Россыпи слабостойчивых к переносу минералов (касситерит, золото, платина) встречаются гораздо реже (в случаях близости источников сноса).

Наиболее богатыми считаются авандельтовые россыпи (подводные), формирующиеся под воздействием волн и течений. В надводной части дельты промышленные скопления обычно менее значительны и образуются на участках размыва дельтовых отложений мигрирующими рукавами. Дельтовые россыпи служат основным источником питания прибрежно-морских россыпей.

## **Морские месторождения**

С морскими генетическими типами четвертичных отложений связаны разнообразные полезные ископаемые: от стройматериалов и россыпей до железомарганцевых конкреций и массивных сульфидов.

Морские россыпи образуются под воздействием волнения и течений, активно перерабатывающих терригенный обломочный материал, поступающий в виде речных наносов и в результате абразии берегов. В пределах побережий известны современные пляжевые и древние террасовые россыпи. На шельфе выделяются затопленные морские россыпи, связанные с древними погруженными береговыми зонами. Современные пляжевые россыпи приурочены к отложениям, залегающим в зонах воздействия волнения, приливов, отливов и донных течений. Россыпи, как правило, связаны с различными аккумулятивными формами рельефа (пляжами, косами, барами, береговыми валами). Обычно они отличаются значительной протяжённостью (от 100 и более километров), небольшой шириной (первые десятки метров), малой и невыдержанной мощностью.

Содержание полезных компонентов колеблется в широких пределах и в отдельных случаях может достигать исключительно высоких значений (60...80%). Характерна хорошая окатанность и небольшой размер зёрен россыпных минералов. Особенностью прибрежных россыпей (кроме оловоносных) служит их восстанавливаемость после отработки в течение нескольких штормовых сезонов.



Прибрежные россыпи характеризуются очень высоким качеством руды, так как в процессе высвобождения рудных частиц из коренных пород идет их длительный перенос и перемыв. В местах отложений рудные зерна очищаются от нерудных компонентов. К числу наиболее значимых морских россыпей принадлежат россыпи рутила, циркона, ильменита и монацита, развитые в основном в областях гумидного тропического и субтропического климата.

Комплексные крупные титано-цирконовые россыпи представляют единственный вид месторождений этого сырья, не имеющего аналогов среди других генетических типов месторождений на суше. Прибрежные россыпи алмазов пока обнаружены только в Юго-Западной Африке. Ещё менее распространены золотоносные прибрежно-морские россыпи, среди которых наиболее известной считается Номская россыпь на Аляске. Известны также россыпи янтаря на побережье Балтики.

Месторождения *строительных материалов* морского генезиса имеют широкое распространение. Так, около двух третей площади дна континентальных шельфов покрыты осадками, являющимися источниками различного рода строительных материалов. Это, прежде всего, пески, гравий, галечники, валуны, карбонатные породы, илы и прочие накопления. Значение их увеличивается в связи с тем, что месторождения песчано-гравийных материалов во многих странах истощены или, в связи с нарушениями окружающей среды, совсем не разрабатываются. В целом ряде случаев активная разработка морских пляжей привела к катастрофическим последствиям для береговой зоны. Поэтому в последние годы в большей степени эксплуатируются глубокие части шельфа.

*Железомарганцевые конкреции* представляют собой новый перспективный вид полезных ископаемых. Они покрывают обширные площади дна глубоководных районов Мирового океана. Наибольшие их скопления известны в Тихом океане.

Железомарганцевые конкреции считаются аутогенными минеральными образованиями гидрооксидов железа, марганца и других элементов. По своей форме они представляют в основной массе округлые стяжения, размером от трёх до восьми сантиметров, чёрного, буровато-чёрного или бурого цветов в наиболее богатых железом разновидностях. Поверхность конкреций, как правило, не гладкая и в разной мере шероховатая.

По своему происхождению конкреции считаются седиментационно-диагенетическими и представляют собой типичные осадочные образования, механизм формирования которых ещё не до конца изучен. На данный момент установлено, что в их формировании участвуют гидрогенные и диагенетические процессы с участием биогенных факторов.

Конкреции, как правило, залегают в виде отдельных стяжений на поверхности океанского дна в один слой вдоль границы осадок – вода. Но иногда они лежат настолько плотно, что образуют сплошные покровы, называемые «подводными мостовыми». Иногда на выступах коренных пород формируются корки мощностью до 20 сантиметров с повышенным содержанием кобальта и железа.

По вещественному составу конкреции представляют собой сложные многокомпонентные образования, содержащие более 40 химических элементов. Наибольший практический интерес в составе конкреций представляют никель, медь, кобальт и марганец, содержание которых может превышать 1...2%. Конкреции также хорошо видны на подводных фотографиях и телевизионных изображениях, поэтому площадная плотность залегания конкреций и их запасы оцениваются с помощью глубоководной фотосъёмки или фототелевидения.

Рост железомарганцевых конкреций продолжается в настоящее время, и, по некоторым оценкам, в Тихом океане образуется около 10 тысяч тонн конкреций в год. Общие запасы железомарганцевых конкреций в Мировом океане, по данным различных авторов, оцениваются грандиозными цифрами – от 350 млрд. до 1,7 трл. тонн.

Для формирования скоплений железомарганцевых конкреций необходимы следующие условия:

- 1) малые скорости осадконакопления (меньше 1 мм/тыс, лет);
- 2) удаленность от источников выноса терригенного материала (поэтому основные поля железомарганцевых конкреций расположены на больших расстояниях от берега, в пределах глубоководных котловин с глубинами от 4800 до 5200 метров);
- 3) близость подводных вулканов, поставляющих вулканогенный материал;
- 4) наличие достаточно интенсивных течений, сдерживающих осадконакопление и поставляющих кислород, а также другие компоненты, необходимые для роста конкреций;
- 5) расположение в интервале глубин между лизоклином (уров-

нем резкого растворения кальцита) и критической глубиной карбонатакопления (уровень карбонатной компенсации);

б) холмистый рельеф дна, с высотами от 100 до 400 метров.

Предполагается, что первыми в промышленную эксплуатацию будут вовлечены месторождения конкреций, расположенные в Тихом океане, в зоне Кларион-Клиппертон.

Кроме железомарганцевых конкреций, новым видом полезных ископаемых считаются массивные сульфидные тела на поверхности океанического дна и гидротермально-осадочные металлоносные образования, так называемые металлоносные осадки или илы.

Массивные сульфиды пространственно и генетически наиболее тесно связаны с высокотемпературной гидротермальной деятельностью и содержат максимальные количества экономически важных металлов меди, цинка, свинца, серебра и прочих элементов.

Действующие *гидротермальные источники* были обнаружены в нескольких районах Мирового океана в 1960...1970 годах. Наиболее интересные из них изучены на гребне Восточно-Тихоокеанского поднятия на 21° северной широты. Здесь, на глубине около 2600 метров, наблюдались тумбообразные сооружения и холмы конической формы высотой до 10 и диаметром в основании около пяти метров. В центре холмов и тумб прослеживается трубообразный центральный канал с боковыми отверстиями. Они слагаются аморфным кремнезёмом и сульфидами в виде мелких трубочек, инкрустаций и выполненный пустот в теле гидротермальных построек. Здесь же были обнаружены активные гидротермы с температурой до 350°C. Не весь сульфидный материал осаждается у выхода гидротерм и на стенках подводных каналов – значительная часть растворенных сульфидов выносятся в виде растворов в океанскую воду.

В окислительной среде придонных вод из гидротермальных растворов выделяются тонкодисперсные частицы сульфидов в виде чёрного облака. Эти облака на подводных фотографиях и видеофильмах выглядят как дым из печных труб. Поэтому такие активные гидротермальные выходы были названы *чёрными курильщиками*. Кроме того, часто выносятся большое количество элементарной серы, которая вместе с другими светлыми минералами тоже кристаллизуется в придонной воде, окрашивая её в белый цвет и образуя «облака». Такие гидротермальные выходы называются *белыми курильщиками*. Как показали наблюдения, труба активного чёрного курильщика растёт путём наращивания сульфидных минералов со скоростью шесть

сантиметров в день в высоту и один килограмм в день по весу.

Типичная гидротермальная постройка в виде холма высотой до 20 и диаметром 30 метров с трубой до пяти метров высоты содержит около 1000 тонн металлов. Очень крупная постройка массивных сульфидов диаметром до 700 и высотой до 50...70 метров была выявлена на гидротермальном поле ТАГ в Срединно-Атлантическом хребте. Холмы и трубы массивных сульфидов на океанском дне как физически, так и химически неустойчивы и постепенно разрушаются, превращаясь в груды обломков. При отмирании и разрушении близко расположенных холмов происходит их срастание с образованием достаточно крупных сульфидных тел. В результате такого процесса в Галапагосском рифте образовалась пластовая залежь сульфидных руд протяжённостью около одного километра, при ширине до 150...200 и мощностью до 35 метров. Запасы этой залежи по предварительным оценкам превышают около 10 млн. тонн.

**Металлоносные осадки** приурочены к рифтовым зонам Мирового океана и образуют весьма специфические стратиморфные или пластообразные залежи. В упрощенном виде механизм формирования такого рода рудных залежей можно представить следующим образом. Холодные океанические воды, опускаясь по трещинам и разрывам, достигают вулканического очага, нагреваются здесь до высоких температур и, при взаимодействии с толеитовыми базальтами, извлекают из них металлы. По мере продвижения вверх в область разгрузки (при снижении температуры) происходит осаждение сульфидов с образованием рудных скоплений за счёт накопления окисленных металлов в прилегающих к рифтовой зоне осадках.

Такого рода рудные скопления были обнаружены на дне впадины Атлантис-Н в Красном море. Здесь, в результате выходов высоко-солёных гидротермальных растворов образовалась стратиморфная сульфидная залежь длиной в 13 при ширине 5 километров и средней мощности до 10 метров. Неконсолидированное состояние рудоносных отложений способствует их разработке в виде суспензии при помощи всасывающих драгировочных устройств. Сульфидные илы впадины Атлантис-Н имеют непосредственное промышленное значение и находятся в стадии подготовки к эксплуатации.

**Фосфориты, глауконит.** Морские фосфоритоносные отложения распространены на многих шельфах и подводных горах современных океанов. Встречаются они также и в верхних частях континентальных склонов, на глубинах до 350...400 метров.

**Фосфориты** образуют конкреции, стяжения неправильной формы размером до пяти сантиметров, желваки, а иногда монолитные плиты толщиной до 20 и размером 50×60 сантиметров. Стяжения и конкреции состоят из оолитов с ядрами из раковин фораминифер, зёрен глауконита и обломочных минералов. В плитах бывают зацементированы обломки осадочных, вулканогенных и других пород. Фосфатный материал имеет состав, близкий к фторкарбонатапатиту.

Чаще всего фосфориты залегают в кварцево-глауконитовых песках и реже – в илах. Зернистые пески встречаются на пляжах и в прибрежных дюнах. Весьма благоприятные условия для формирования фосфоритов существуют в зонах регионального апвеллинга (от англ. up – вверх и well – хлынуть) – подъёма вод, богатых органическим веществом, в верхние слои океана. Так, в зоне Перуанского апвеллинга, в диатомовых илах происходит формирование различного типа фосфатных стяжений в виде гелеобразных сгустков с содержанием  $P_2O_5$ , равным 11,45%, а также мягких неконсолидированных стяжений с содержанием этого компонента до 27%. Возраст этих фосфоритовых образований голоцен-позднеплейстоценовый. Запасы фосфоритов Перуанско-Чилийской провинции оцениваются более чем в 100 млн. тонн.

Фосфоритами также богата Калифорнийская континентальная окраина, где выявленные ресурсы оцениваются до 3900 млн. тонн, при среднем содержании  $P_2O_5$  – 18%. Фосфориты на подводных горах распространены в пелагической зоне океанических бассейнов, главным образом – в Тихом, реже в Атлантическом и Индийском океанах, на плосковершинных возвышенностях – гайотах.

**Глауконит** широко распространён в осадке окраин шельфа на глубине от 100 до 500, редко более 500 метров. Концентрация глауконита в осадках достигает 90, составляя в среднем около 20%.

Глауконит – это сложный водный силикат железа и калия, весьма изменчивый по структуре и химическому составу. Встречается глауконит аутигенный в виде зёрен и агрегатов, детритовых зёрен, часто заполняет раковинки фораминифер и других организмов. Промышленные скопления глауконита установлены на Калифорнийском побережье, шельфе Японии, Мексики, Перу, Чили, ЮАР и других местах. Глауконит применяется как калийное удобрение, а также для получения зелёной краски. Так как глауконит обладает высокой способностью к катионному обмену, он применяется при опреснении воды и для обесцвечивания различных материалов.

## **ЗНАЧЕНИЕ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ДЛЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И РАЗЛИЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Четвертичные отложения, почти повсеместно покрывающие земную поверхность, играют важнейшую роль, прежде всего, как основание для всевозможных сооружений, земель для произрастания лесных насаждений и размещения культур в сельском и лесном хозяйствах. Изучение четвертичных отложений необходимо при всех без исключения инженерно-геологических изысканиях. Для решения инженерно-геологических вопросов при строительстве крупных долговременных сооружений – каналов, дорог, плотин, городов, морских портов и курортов необходимо знать ещё и историю геологического развития недавнего прошлого. Существование погребённых долин, наличие пльвунов, история гидрографической сети и формирования прибрежных пляжей, направленность неотектонических движений в антропогене – такого рода знания даёт четвертичная геология.

Четвертичные отложения почти повсеместно служат основанием для гражданского и промышленного строительства. Большая часть городов России и всего мира построена на грунтах, представляющих собой разнообразные по генезису и возрасту четвертичные отложения: ледниковые и водно-ледниковые, аллювиальные, пролювиальные, морские и дельтовые, эоловые. На них проложены автомобильные и железные дороги, нефте- и газопроводы, прорыты каналы, построены гидротехнические и атомные станции.

Устойчивость сооружений зависит от свойств грунтов и от многообразных процессов, захватывающих четвертичные отложения.

Превалирующая часть четвертичных отложений представляет собой дисперсные грунты. Среди них выделяются сыпучие (валуны, галечники, гравий, щебень, песок) и связные (глины, суглинки, супеси, пылеватые породы). Такие важные физические свойства грунтов, как плотность, пористость, пластичность, проницаемость (и прочие), зависят не только от генезиса и литологического состава отложений, но и от их возраста. Как правило, чем древнее отложения, тем более уплотнёнными они считаются. Сыпучие отложения более благоприятны для строительства. Связные накопления могут менять свои свойства под действием увлажнения, что влияет на их устойчивость.

Исследование четвертичных отложений в инженерно-геологических целях проводится совместно с изучением рельефа, с кото-

рым они генетически связаны, и который они образуют.

Среди рыхлых сыпучих отложений в равнинных условиях преобладают песчаные, песчано-гравийные, реже – гравийно-галечные разности. Это, в основном, аллювиальные и флювиогляциальные отложения, прибрежные дельтовые и морские осадки; причём, наибольшие площади занимают отложения средне- и позднеплейстоценового возраста. В песчано-алевритовых грунтах при определённых условиях может развиваться суффозия – вынос мелких частиц фильтрационным потоком. Это приводит к увеличению пористости песков, снижению их прочности, и, в конечном итоге – к просадочным явлениям. Излишняя увлажнённость песков может привести их в разжиженное, пливунное состояние.

Крупнообломочные – валунно- и гравийно-галечные отложения преобладают в предгорных и горных районах. Они слагают мощные толщи аллювиальных, флювиогляциальных и пролювиальных отложений. Высокая водопроницаемость крупнообломочных отложений делает их более выигрышными перед песчаными отложениями.

Среди связных отложений наиболее широко распространены суглинки различного генезиса, в том числе лёссовидные, и лёссы. Большие площади в северных и центральных районах России заняты ледниковыми валунными суглинками. Их гранулометрический состав очень неоднороден, так как среди них развиты как песчанистые, так и глинистые разности, вследствие чего их физические свойства различны. Моренные суглинки, являясь водоупором, способствуют оползанию перекрывающих отложений, чаще всего флювиогляциальных или аллювиальных песков.

Лёссы и лёссовидные суглинки широко развиты в южных районах России, в Предкавказье, Предуралье, на юге Западной Сибири, в предгорьях Алтая. В основном – это эоловые и эолово-делювиальные отложения. Они образуют толщи, мощность которых может достигать нескольких десятков метров. Характерно наличие в них погребённых почв, прослоек песка, иногда – вулканического пепла. Типичным свойством лёссов считается способность уменьшать свой объём при смачивании, причиной чего является их сильная пористость. Это ведёт к уплотнению грунта и образованию просадок, в результате чего могут происходить деформации инженерных сооружений. Поэтому строительство в районах развития лёссов и лёссовидных суглинков требует особых мероприятий по укреплению грунтов.

В северных районах России четвертичные отложения различного генезиса и возраста, выступающие как основание для инженерного строительства, скованы мерзлотой, насыщены льдом, подвержены солифлюкционному течению и термокарстовым процессам. Для исключения деформаций сооружений при укреплении грунтов требуется специальный комплекс мероприятий.

Четвертичные отложения почти повсеместно, за исключением отдельных пустынных районов, содержат воду. Особенно это относится к аллювиальным, пролювиальным и морским песчано-галечным отложениям, которые считаются хорошими водоносными горизонтами. Эти отложения содержат грунтовые и межпластовые воды. Последние – заключены в водоносных слоях, залегающих между водоупорными слоями. Водоупорами могут служить горизонты ледниковых (моренных) суглинков и глин, лессовидных пород, морские глины, а также подстилающие коренные породы. Межпластовые воды часто служат напорными.

Об обводнённости различных генетических типов четвертичных отложений могут свидетельствовать естественные выходы подземных вод в виде родников, участки заболачивания, а также такие формы рельефа, как оползни и оплывины. Подземные воды вскрываются долинами рек, оврагов, а также колодцами, карьерами и скважинами.

На равнинах наиболее мощным коллектором подземных вод служит аллювий, заполняющий глубокие древние погребённые долины (Волга, Ока, Обь, Енисей). В ледниковых районах подземные воды приурочены к флювиогляциальным отложениям, а в прибрежно-морских районах большие запасы воды заключены в аллювиально-морских или дельтовых отложениях. Подземные воды из всех этих отложений используются для городского водоснабжения.

В предгорных районах, помимо аллювиальных отложений, подземные воды приурочены к пролювиальным, слагающим крупные конусы выноса и сухие наземные дельты.

В ряду весьма широкой гаммы разновозрастных образований земной коры, играющих ту или иную экологическую роль и входящих в состав окружающей среды, покров четвертичных отложений имеет первостепенное значение. Это нашло отражение в предложении академика А.П. Павлова назвать четвертичный период (систему) «антропогеновым», которое было поддержано и разделяется многими специалистами. Как для древнейшего человека, так и для наших современников, достигших высочайших инженерных возможностей по



использованию Земли, именно этот тончайший покров служит главным компонентом окружающей среды, который определил, определяет, и будет определять важнейшие экологические функции литосферы. Это, прежде всего, условия для выбора места, организации строительства и развития мест обитания человека, пищевые ресурсы (возможности ведения сельского хозяйства), энергетические и водные ресурсы (прежде всего, пресноводные).

Вместе с тем очевидно, что четвертичный покров чрезвычайно уязвим. Непрерывно возрастающие техногенные нагрузки на геологическую среду приводят к интенсивным изменениям его состояния и всевозможным преобразованиям. Масштаб последних во многих случаях является катастрофическим, что порою приводит не только к снижению экологических функций четвертичного покрова, но и к их утрате (чрезмерное загрязнение грунтов, почв, поверхностных и подземных вод, превышение потенциала среды для регенерации и самоочистки от загрязнённых компонентов, снижение несущих свойств грунтов, подтопление или, наоборот, обезвоживание территорий).

Негативные антропогенные (или, иначе – техногенные) воздействия на четвертичный покров и идущие в нём процессы, происходящие на фоне глобальных и региональных изменений природной среды и климата (таких, например, как колебания уровня Каспийского моря, глобальное потепление и подъём уровня Мирового океана, аридизация внутриконтинентальных областей), создают множество экологических проблем, имеющих весьма значимые экономические и социальные последствия, выводящие человечество на уровень борьбы за выживание.

Четвертичный период – время становления современных физико-географических условий. В это время образуются существующий сейчас рельеф, фауна, флора и почвы. Отсюда происходит тесная связь четвертичной геологии с геоморфологией, биогеографией, почвоведением, лесным и сельским хозяйствами.

Велико значение исследования антропогена как времени формирования человека и его культуры, поэтому четвертичная геология соприкасается с археологией, антропологией и этнографией.

Таким образом, четвертичный покров Земли служит живой средой для человека. Но, чтобы оставаться таковой и обеспечивать благополучие человеческому обществу, отложения квартала требуют осознанного, грамотного и заботливого к себе отношения. Из всего вышесказанного очевидно, что изучение четвертичной геологии

требует от исследователей очень разносторонней подготовки и широкого кругозора. В особенности, необходимо хорошо владеть геоморфологическим методом, глубоко знать учение о генетических типах отложений.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Ананьев, В.П. Инженерная геология: учебник для вузов / В.П. Ананьев, В.И. Коробкин. – М.: Высшая школа, 1973. – 300 с.
2. Ананьев, В.П. Инженерная геология и гидрогеология / В.П. Ананьев, Л.В. Передельский. – М.: Высшая школа, 1980. – 271 с.
3. Брудастов, А.Д. Осушение минеральных и болотных земель / А.Д. Брудастов. – М.: Сельхозгиз, 1955. – 443 с.
4. Геоморфология: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / С.Ф. Болтрамович, А.И. Жиров, А.Н. Ласточкин и др.; под ред. А.Н. Ласточкина и Д.В. Лопатина. – М.: АКАДЕМИЯ, 2005. – 528 с.
5. Галкина, Е.К. Болотные ландшафты и принципы их классификации / Е.К. Галкина // Сборник научных работ. – Л., 1946. – С. 139 – 156.
6. Дружинин, Н.А. Осушение лесов Вологодской области / Н.А. Дружинин, Н.Н. Неволин. – Вологда: Вологодская региональная лаборатория Северного НИИ лесного хозяйства, Вологодское управление лесами, МДК, 2001. – 102 с.
7. Кизевальтер, Д.С. Основы четвертичной геологии / Д.С. Кизевальтер, А.А. Рыжова. – М.: Недра, 1985. – 174 с.
8. Кичигин, А.Н. Дешифрирование аэрофотоснимков при изучении четвертичных отложений Вологодской области / А.Н. Кичигин. – Люберцы: ВИНТИ, 1984. – 85 с.
9. Лютцау, С.В. Общая геоморфология: методические указания для студентов заочного и вечернего отделений географических факультетов государственных университетов / С.В. Лютцау, В.И. Веденеева. – М.: МГУ, 1970. – 68 с.
10. Методическое пособие по составлению мелкомасштабных карт четвертичных образований к Госгеолкарте-1000/3 / ред.: Е.А. Минина, В.В. Старченко. – М.: ВСЕГЕИ, 2005. – 190 с.
11. Природа Вологодской области: науч. изд. / гл. ред. Г. А. Воробьев. - Вологда: Вологжанин, 2007. - 434 с

12. Тюремнов, С.Н. Торфяные месторождения / С. Н.Тюремнов. – М.: Недра, 1976. – 488 с.

13. Чистяков, А.А. Четвертичная геология / А.А. Чистяков, Н.В. Макарова, В.И. Макаров. – М.: ГЕОС, 2000. – 303 с.



## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| Введение .....   | 3  |
| СТАНОВЛЕНИЕ ЧЕТВЕРТИЧНОЙ ГЕОЛОГИИ<br>И ПРОБЛЕМЫ ЕЁ ТЕРМИНОЛОГИИ..... | 5  |
| ОСОБЕННОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА ....                     | 11 |
| МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ .....                         | 15 |
| Палеонтологические методы .....                                      | 16 |
| Палеофлористические методы .....                                     | 17 |
| Палеофаунистические методы .....                                     | 18 |
| Палеомагнитный и изотопно-кислородный методы.....                    | 20 |
| Методы абсолютной геохронологии .....                                | 21 |
| Методы исследования генезиса отложений.....                          | 23 |
| Изучение формы обломков и окраски пород.....                         | 25 |
| Исследование текстур четвертичных отложений .....                    | 27 |
| Геоморфологические методы .....                                      | 29 |
| ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ .....                       | 31 |
| ЭКЗОГЕННЫЙ РЕЛЬЕФ КОНТИНЕНТОВ.....                                   | 39 |
| Склоновые процессы, формы рельефа и отложения .....                  | 39 |
| Геоморфология речных долин.....                                      | 50 |
| Строение речной долины в продольном сечении.                         |    |
| Продольный профиль реки .....  | 52 |
| Типы долин по характеру замыкания.....                               | 53 |
| Морфологические типы речных долин .....                              | 54 |
| Пойма и русло реки .....   | 55 |
| Динамические фазы аллювия .....                                      | 56 |
| Цикловые врезы и террасы .....                                       | 57 |
| ГЕОМОРФОЛОГИЯ МОРСКИХ ПОБЕРЕЖИЙ.....                                 | 60 |
| Элементы рельефа побережья .....                                     | 60 |
| Рельефообразующие факторы .....                                      | 60 |
| Аккумулятивные и абразионные формы рельефа побережья ....            | 64 |
| Типы побережий .....   | 68 |
| Прибрежно-морские россыпи.....                                       | 70 |

|  |     |
|--|-----|
| ПОНЯТИЕ О БОЛОТАХ. СОСТАВ И СВОЙСТВА БОЛОТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ.....                           | 71  |
| РЕЛЬЕФ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ.....  | 77  |
| ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ...   | 83  |
| Элювиальные месторождения.....   | 83  |
| Субаэрально-фитогенные месторождения .....   | 84  |
| Коллювиальные месторождения.....   | 85  |
| Аквальные (водные) месторождения .....   | 86  |
| Ледниковые месторождения .....   | 94  |
| Эоловые месторождения.....   | 95  |
| Субаэрально-морские отложения .....  | 95  |
| Морские месторождения .....  | 96  |
| ЗНАЧЕНИЕ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ДЛЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И РАЗЛИЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ..... | 102 |
| Библиографический список.....  | 106 |

*Учебное издание*

НОВОСЁЛОВ Анатолий Сергеевич

## **ЧЕТВЕРТИЧНАЯ ГЕОЛОГИЯ**

*Курс лекций*

Редактор – Н.В. Сажина

---

Подписано в печать 21.12.2012. Формат 60 × 90/16  
Бумага писчая. Печать офсетная.  
Усл.-п.л. 6,75. Тираж 25 экз. Заказ № 56.

---

Отпечатано: РИО, ВоГТУ 160000, г. Вологда, ул. Ленина, 15