

**ГЕОМОРФОЛОГИЯ  
И  
ОСНОВЫ ЧЕТВЕРТИЧНОЙ ГЕОЛОГИИ**

**(конспект лекций)**

## Содержание:

<b>Часть I: Геоморфология</b>	3
Введение	3
Тема I. Основные рельефообразующие процессы и факторы рельефообразования	3
Тема II. Геоморфология горных и равнинных стран	6
Тема III. Экзогенный рельеф континентов	11
Тема 1. Склоновые процессы, формы рельефа и отложения	11
Тема 2. Геоморфология речных долин	18
Тема 3. Геоморфология морских побережий	27
Тема 4. Геоморфология районов платформенных и горных оледенений	33
Тема 5. Криогенный рельеф	40
<b>Часть II: Основы четвертичной геологии</b>	44
Введение	44
Тема 1. Генетические типы континентальных отложений	44
Тема 2. Четвертичный период. Особенности четвертичного периода. Стратиграфические подразделения четвертичной системы	51
Тема 3. Строение четвертичных отложений Русской равнины	54

ПРИМЕЧАНИЕ: Темы «Рельеф аридных и гумидных областей. Карст», «Методы четвертичной геологии», «Геоморфологическая графика и карты четвертичных отложений» переданы на самостоятельное изучение

### БАЗОВАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Кизевальтер Д.С., Раскатов Г.И., Рыжова А.А. Геоморфология и четвертичная геология. (Геоморфология и генетические типы отложений). – М., Недра, 1981.
2. Кизевальтер Д.С., Рыжова А.А. Основы четвертичной геологии. – М., Недра, 1985.

## ЧАСТЬ I. ГЕОМОРФОЛОГИЯ.

### Введение.

**Геоморфология** – наука о рельефе твердой поверхности Земли и его развитии в пространстве и во времени.

**Рельеф** – совокупность неровностей земной поверхности, разных по очертаниям, размерам, происхождению, возрасту и истории развития. Слагается из положительных форм, образующих возвышенности, и отрицательных, представляющих собой впадины.

**Формы рельефа** – отдельные трехмерные тела, занимающие определенные объемы земной коры. Они ограничены двухмерными (поверхностными) элементами, или гранями рельефа (склонами, горизонтальными и субгоризонтальными поверхностями). Формы могут быть выпуклыми, или положительными (горы, холмы), и вогнутыми, или отрицательными (котловины, речные долины и т.д.). Положительные и отрицательные формы, закономерно сопрягаясь между собой, образуют *типы рельефа*. Формы рельефа классифицируются по размеру, морфологии, генезису и возрасту.

**Элементы рельефа** – это поверхности, линии и точки, сочетания которых создают трехмерные формы (формы рельефа).

**Морфолитогенез** – сложный процесс одновременного образования экзогенных форм рельефа и рыхлых отложений.

Факторы, непосредственно влияющие на формирование неровностей земной поверхности – ее рельеф, условно могут быть объединены в группу *рельефообразующих*.

### ТЕМА I. Основные рельефообразующие процессы и факторы рельефообразования.

#### Характеристика генетических взаимосвязей.

Процессы, влияющие на формирование твердой оболочки Земли по своему положению относительно ее поверхности подразделяются на *эндогенные* и *экзогенные*.

**Эндогенные процессы** протекают в условиях высоких температур и давлений. Гравитационное поле Земли и силы вращения могут влиять на форму планеты, вызывать вертикальные и горизонтальные перемещения фрагментов литосферы разной плотности, процессы диапиризма и т.д.

Для рельефообразования наибольшее значение имеют механические движения литосферы, магматизм и метаморфизм. Один из важнейших результатов - формирование *первичных* неровностей твердой поверхности Земли - тектонически обусловленных поднятий и впадин.

**Экзогенные процессы** делятся на 3 группы: *выветривание*, *денудация (снос)* и *аккумуляция (накопление)*. Денудация и аккумуляция по эффекту воздействия на рельеф являются *нивелирующими*.

Воздействие силы тяжести и силы вращения оказывают влияние на ряд экзогенных факторов.

**Климат** Земли определяет генетические типы экзогенных процессов и, отчасти, интенсивность их воздействия на земную поверхность.

**Латеральные** изменения климата определяются положением Земли относительно Солнца и образуют *планетарную* климатическую зональность. Изменения климата с высотой образуют *ороклиматическую* зональность, которая обусловлена ростом тектонических поднятий и изменением температуры атмосферы с высотой.

Большое рельефообразующее значение имеют изменения климата во времени.

#### Экзогенные факторы.

Под экзогенными факторами понимаются процессы рельефообразования, обусловленные выветриванием, денудацией и аккумуляцией. Они генетически и причинно связаны с эндогенными факторами, приповерхностным гравитационным полем Земли, ее климатом, а также влиянием Солнца и Луны.

*Формы рельефа, в образовании которых главная роль принадлежит экзогенным процессам, называются морфоскульптурами.*

**Выветривание** – сочетание процессов разрушения горных пород, слагающих земную поверхность под воздействием внешних оболочек и Солнца. Они подготавливают материал для дальнейших денудации и аккумуляция .

Источники энергии для процессов выветривания – энергия Солнца и физико-химическое воздействие атмосферы и гидросферы.

Климат определяет избирательное развитие основных генетических типов выветривания и влияет на скорость их течения.

**Денудация** по общему характеру воздействия – процесс снижения земной поверхности. Подразделяется на общую, или *плоскостную*, и *линейную*, развивающуюся избирательно.

**Аккумуляция** – процесс повышения земной поверхности. Может быть региональной и локальной.

Генетические типы денудации и аккумуляции зависят от физико-географической обстановки; возникновение процессов, их скорость и продолжительность полностью соответствуют источникам энергии.

Денудация и аккумуляция протекают **только** при наличии неровностей земной поверхности и прекращаются при их уничтожении.

В геоморфологическом аспекте эндогенные факторы порождают неровности земной поверхности, экзогенные факторы – нивелируют их. От соотношения эндогенных и экзогенных факторов зависит степень выравнивания.

На поверхности суши, в эпиконтинентальных морях, озерах, реках выделяются две основные обстановки развития экзогенных процессов: *субаэральная* (наземная) и *субаквальная* (подводная).

В пределах суши различаются платформенная и орогенная обстановки, характеризующиеся различным развитием экзогенных процессов и коррелятивных им отложений.

В *платформенных* областях на обширных площадях с однообразными орографическими и климатическими условиями каждый из генетических типов экзогенных процессов получил самостоятельное и наиболее полное развитие.

Для *орогенных* областей со сложным контрастным рельефом в условиях ороклиматической зональности характерен парагенез генетических типов и их изменчивость в пространстве.

### Эндогенные факторы.

Под эндогенными рельефообразующими факторами понимаются процессы, обусловленные внутренним развитием литосферы и создающие неровности земной поверхности в условиях приповерхностного гравитационного поля Земли и под воздействием ее движений в пространстве.

Структурные формы, выраженные в рельефе - *полигенные* образования, т.к. всегда в различной степени искажены экзогенными процессами.

Источники энергии эндогенных процессов подразделяются на :

Внешние (космические);

Внутренние (земные): 1) потенциальная энергия массы Земли и создаваемого ею гравитационного поля; 2) энергия движения Земли; 3) энергия, выделяемая Землей в процессе развития планетарной материи.

По своему воздействию на земную поверхность эндогенные факторы могут быть подразделены на *статические* и *динамические*.

Динамические, или активные, эндогенные факторы - общие и частные движения земной коры. Динамика определяется направлением, скоростью и неравномерностью движений в пространстве и времени.

К основным статическим, или пассивным, эндогенным факторам относятся: литолого-стратиграфические условия и глубина денудационного среза.

Деформация пород – *структурная форма* (СФ) является как статическим, так и динамическим факторам. Если денудации подвергается *неразвивающаяся (мертвая)* СФ, то она играет роль пассивного фактора - в рельефе препарируются ее отдельные части. Если СФ *живая* и выражена в рельефе в результате активного развития складки (блока), то ее рельефообразующее значение - активное, отражающее новейшие движения земной коры.

Выражение в рельефе *неразвивающейся* СФ определяется различными сочетаниями трех параметров:

- 1) типом тектонических деформаций;
- 2) устойчивостью пород, ее слагающих, и последовательностью их чередования;
- 3) глубиной денудационного среза в современную эпоху.

Морфологическое выражение *развивающейся* СФ зависит от:

А – статических факторов – глубина денудационного среза, структурные и литолого-стратиграфические условия;

Б – комплекса динамических параметров - тип развивающейся деформации и характеристика ее механических перемещений.

Наиболее распространены *мозаичные* СФ - поднятия и впадины, включающие отмершие деформации.

#### **Структурные формы при различном характере общих тектонических движений**

Мертвые тектонические деформации **только** в условиях общего поднятия могут кратковременно создавать неровности земной поверхности. Они зависят от устойчивости пород процессам денудации, структурных особенностей и глубины денудационного среза.

Развивающиеся СФ получают выражение в рельефе **только** при преобладании скорости вертикальных тектонических движений над нивелирующими экзогенными процессами. Большое значение имеет общий характер движений, особенно при несовпадении знаков общих и частных вертикальных перемещений.

#### **Статические рельефообразующие факторы.**

**Глубина денудационного среза**, сформировавшегося к современной эпохе в значительной степени определяет структурные и литолого-стратиграфические условия.

Выделяются денудационные срезы 4-х типов:

I – в неуплотненных недислоцированных молодых отложениях (формируются слабохолмистые поверхности водоразделов, ограниченные склонами речных долин);

II – в уплотненных недислоцированных осадочных породах с отдельными бронирующими пластами (рельеф плато и куэст);

III – в уплотненных дислоцированных осадочных породах (возвышенности, тождественные бронированным сводам и крыльям);

IV – в магматических и метаморфических породах фундамента (разнообразные формы скалистых возвышенностей и ущелистых долин).

#### **Структурные и литолого-стратиграфические условия.**

Особенности строения структуры определяют разнообразие рельефа при неизменяющихся динамических факторах.

**Устойчивость пород и мощность толщ.** Устойчивые осадочные породы, отпрепарированные процессами селективной денудации, образуют бронирующие поверхности. Они создают формы, тождественные тектоническим деформациям или их отдельным элементам.

Горные сооружения с широким выходом на поверхность пород с примерно равной и значительной устойчивостью образуют крутые монотонные склоны.

При чередовании пластов пород разной устойчивости значительной и равноценной мощности препастируются бронирующие поверхности.

При преобладании толщ неустойчивых пород формируется аструктурный нейтральный рельеф округлых холмов, гряд и межгрядовых долин.

**Угол падения.** В областях распространения осадочных пород определяет образование денудационных форм, возникающих при избирательном препастировании различно наклоненных бронирующих пластов:

*плато* – угол наклона бронирующего слоя - 0 - 2°;

*куэсты* – угол наклона - до 10 – 12°;

*гряды (моноклиальные гребни)* – угол наклона более 12°;

*вогнутые плато и своды* образуются, если в ядре складки выходят устойчивые породы.

**Угловое несогласие** в условиях воздымания и селективной денудации часто представляет границу между типами рельефа различного морфологического.

#### **Морфология мертвых складок.**

**Морфология замка и его соотношение с крыльями.** Основными формами рельефа, образующимися в процессе денудации мертвых складок, являются их бронированные элементы: своды – возвышенности или их части – слабо вогнутые или выпуклые плато, и крылья – системы бронированных гряд, разделенных межгрядовыми понижениями.

**Наклон осевой поверхности.** В зависимости от ее наклона складчатые деформации могут образовывать в рельефе симметричные и асимметричные формы.

**Морфология мертвых разрывов.** На участках мертвых разрывов образуются слабые зоны, часто разрабатываемые реками. Возвышенности маркируют разрыв не в соответствии со знаком древних движений, а в зависимости от устойчивости пород, слагающих крылья разрыва.

## **ТЕМА II. Геоморфология горных и равнинных стран.**

Классификация *мегаформ* – крупных неровностей земной поверхности – принимается в соответствии с:

- 1) тектоническим режимом в позднем кайнозое;
- 2) строением земной коры и литосферы;
- 3) характером новейшего развития структурных форм в рельефе Земли.

Соответственно могут быть выделены мегаформы I, II и III порядков:

I – гигантские впадины океанов и континентальные поднятия;

II – обширные регионы с различным тектоническим режимом, (на суше - платформенные равнины и области горообразования);

III – основные поднятия и впадины, входящие в строение областей горообразования и платформенных равнин.

#### **Континентальные поднятия**

К континентальным поднятиям относятся суша, шельфы, их склоны и частично подножия. В их пределах выделяются два тектонических режима: платформенный и орогенный, которым соответствуют мегаструктуры II порядка – *платформы* и *орогены*. На платформах развивается рельеф разновысотных *равнин* различного генезиса, в областях горообразования – *горные страны*.

#### **Платформенные равнины.**

Платформенные равнины развиваются на разновозрастных платформах и являются основной мегаформой рельефа континентов

**Характерная особенность платформенных равнин – резкое преобладание равнинных пространств над участками с расчлененным рельефом.** Амплитуды высот на равнине достигают нескольких сотен метров.

Платформенные равнины в целом и отдельные крупные формы рельефа в их пределах характеризуются преобладанием изометричных очертаний. При этом их границы часто отличаются прямолинейностью. Речные бассейны отличаются большой площадью и сильной разветвленностью. В облике морфоскульптуры проявляется горизонтальная физико-географическая зональность.

Равнины могут развиваться на щитах и плитах с маломощным или мощным чехлом осадочных пород. Они подразделяются на аккумулятивные – с покровом четвертичных отложений, и денудационные – лишенные его. Выделяются также денудационно-аккумулятивные равнины с цоколем дочетвертичных пород.

Внешнее строение платформенных равнин характеризуется выровненностью - следствием стабильности однонаправленных движений и их малых скоростей, проявляющихся на больших территориях.

Аккумулятивные равнины приурочены к впадинам платформ, развивающимся в области абсолютного и относительного прогибания и аккумуляции. По расположению выделяются внутриконтинентальные - преимущественно субаэральные, и окраинно-континентальные – шельфовые (субаквальные).

Шельфовые равнины в основном аккумулятивные. Занимают наиболее низкое положение среди разновысотных равнин континентов. Представляют область устойчивых или преобладающих слабых отрицательных движений.

Низменные аккумулятивные равнины (субаэральные) подразделяются по генезису четвертичного покрова и характеру основных неровностей поверхности. Выделяются моногоенные и полиненные равнины.

По устройству поверхности различают равнины горизонтальные и наклонные, разнообразно расчлененные и осложненные эрозионно-аккумулятивными формами. В рельефе аккумулятивных равнин своеобразную роль играют мощности новейших отложений.

Денудационные равнины в основном являются внутриконтинентальными. Развиваются на крупных поднятиях платформ, представлены высокими плато и плоскогорьями.

Вдоль побережья морей и океанов в условиях регрессии, сменившей трансгрессию, возникают окраинно-континентальные поднятые абразионные равнины.

Для рельефа денудационных равнин большое значение имеет геологическое строение. Различная устойчивость пород способствует образованию малых форм рельефа благодаря процессам избирательной денудации. Активно развивающиеся тектонические деформации могут создавать неровности, осложняющие рельеф равнин. При незначительной скорости их роста на участках поднятий формируется динамическая конденудационная поверхность с понижающимся уровнем денудационного среза, во впадинах происходит непрерывное накопление осадков и формирование участков конаккумулятивного выравнивания.

### **Поверхности выравнивания**

Равнинные поверхности, возникшие в результате выравнивания первоначально расчлененного рельефа называют поверхностями выравнивания. Поверхности выравнивания развиваются при малых скоростях тектонических движений в условиях их компенсации нивелирующими экзогенными процессами или в обстановке относительного покоя. В зависимости от направленности движений формируются аккумулятивные или денудационные выровненные поверхности. Поверхности выравнивания характерны как для платформенных, так и для складчатых областей.

Исследованиям процессов выравнивания было посвящено множество работ.

I. По представлениям В.Дэвиса, все эпохи горообразования заканчивались снижением активности тектонических движений до их полного прекращения. Это выражается в последовательном направленном изменении облика рельефа. Дэвис выделял циклы, на

протяжении которых происходят изменения рельефа в зависимости от эндогенного режима. Каждый цикл делится на стадии. В эрозионном цикле выделяется пять стадий:

1. *Детство* – начало расчленения общего поднятия горного сооружения, при котором реки используют, главным образом, первичные (тектонические) впадины, водоразделы остаются нерасчлененными.

2. *Юность* – быстрое развитие эрозии и значительное расчленение рельефа.

3. *Зрелость* – начало нисходящего развития рельефа - снижение водоразделов, выполаживание склонов и расширение долин.

4. *Старость* – нисходящее развитие рельефа, расчленение линейных хребтов и превращение их в холмы, подразделяющие широкие плоские долины, где меандрируя, текут реки.

5. *Дряхлость* – полное выравнивание рельефа.

Предельную равнину, выработанную на складчатом основании области горообразования В.Дэвис назвал *пенепленом*.

Встречаются незавершенные циклы с нарушениями описанной последовательности. Процесс выравнивания может прерваться на любой стадии (в результате активизации тектонических движений).

Выравнивание Дэвис рассматривал как результат последовательного снижения орогенного рельефа «сверху».

II. По А.Д.Наумову (1981), пенеплену соответствует рубеж, отделяющий мобильный режим геосинклинального и эпигеосинклинального орогенного развития от относительно стабильного платформенного. Развитие орогена и последующий этап покоя должны были обеспечить глубокий денудационный срез и предельное выравнивание, завершившееся формированием несмещенных химических кор выветривания полного профиля.

С геологических позиций правильнее выделять пенеплены как поверхности раздела, соответствующие переходу от геосинклинального к платформенному режиму, и поверхности выравнивания, возникающие в принципиально иных геологических условиях.

III. В.Пенк дал анализ процесса отступления склонов и формирования “предгорной лестницы” (педиментов), рассматривая этот процесс синхронно с развитием поднятий. Неравномерность воздымания в сочетании с расширением области положительных движений обусловила ступенчатость склонов. Это явление могло происходить при различных соотношениях скоростей воздымания и денудации.

При педиленизации происходит выравнивание “сбоку” в результате параллельного отступления склонов и расширения основания – педиментов.

*Педимент* - предгорная скалистая равнина, иногда с маломощным покровом в основном флювиальных отложений. Размеры педиментов – до десятков км<sup>2</sup>. Образуются в различных климатических зонах за счет склоновой денудации и удаления материала процессами плоскостного и ручейкового смыва. Необходимое условие для педиленизации - наличие ранее созданных превышений между сопряженными областями сноса и накопления. Прерывистость тектонических движений в сочетании с изменениями климата может привести к возникновению нескольких уровней педиментов. Педимент объединяется с отступающим склоном, который регрессивно смещаясь, “съедает” вышерасположенный педимент.

В условиях *нисходящего* развития региона достаточно продолжительный процесс отступления склонов может привести к общему выравниванию – *педиленизации*.

*Педилен* – обширная слабонаклонная равнина, образовавшаяся в результате длительного отступления склонов, расширения и слияния педиментов. Выравнивание происходит в основном за счет боковой планации. Образовавшаяся поверхность является полигенной, преимущественно денудационной. Для формирования педиленов благоприятны условия семиаридного и умеренно гумидного климата, преимущественно холодного и резко континентального. Главное и обязательное условие – длительное



отсутствие движений, создающих наклонные поверхности, и постоянное положение базиса денудации, что определяет нисходящее развитие рельефа и выравнивание в любых климатических условиях.

При *восходящем* развитии рельефа и формировании новых уровней педиментов общего выравнивания не происходит. Область воздымания расширяется.

Итак, выделяется несколько генетических типов поверхностей выравнивания:

1. *Пенелены* – региональные поверхности раздела, отражающие переход территории от эпигеосинклинального орогенного режима к платформенному. Время формирования соответствует длительному этапу тектонического покоя, когда происходит полное выравнивание и образование кор химического выветривания полного профиля.

2. *Поверхности статического выравнивания* (или *поверхности конечного выравнивания*) – педилены и др. региональные поверхности, образующиеся в условиях длительного тектонического покоя, конечного выравнивания и полного уничтожения неровностей, обусловленных мертвыми СФ, литолого-стратиграфическими и др. факторами. Могут формироваться неоднократно в условиях платформенного режима.

Механизм разрушения неровностей для I и II типов поверхностей может представлять сочетание различных видов планации при изменении ведущей роли нивелирующих процессов во времени.

3. *Поверхности динамического выравнивания* – локальные выровненные поверхности, образующиеся при *нисходящем развитии* рельефа в условиях малых скоростей роста СФ, полностью уничтожаемых экзогенными процессами. В зависимости от направления общих движений формируются денудационные, аккумулятивные или сложные поверхности динамического выравнивания.

#### **Области горообразования.**

Орогенный процесс в кайнозое развивается в пределах отмирающих геосинклиналей и разновозрастных платформ. Территории, им охваченные, выделяются как *области горообразования*, или *орогенные области*. Орогенный режим отличается от платформенного высокой мобильностью и разнонаправленностью движений, от геосинклинального – развитием общего поднятия и его расширением за счет сопредельных впадин.

Наиболее крупные мегаформы областей горообразования – *орогенные пояса*. По расположению выделяются окринно-континентальные или внутриконтинентальные пояса. В плане пояса имеют линейно вытянутые очертания, в вертикальных сечениях представляют значительное общее поднятие (по сравнению с сопредельными областями платформенных равнин). Внутреннее строение характеризуется увеличением мощности земной коры, вулканизмом, высокой сейсмичностью и значительной скоростью разнонаправленных тектонических движений, быстро сменяющихся вкрест простираения СФ.

Орогенные пояса состоят из *горных стран* – систем равноценных и сопряженных поднятий (горных сооружений) и предгорных и межгорных впадин. Горные страны различаются по геологическому развитию и особенностям орогенеза. В соответствии с геологической предысторией выделяются различные типы горных стран:

*Эпигеосинклинальные* горные страны (Альпы, Кавказ, Анды и др.) формируются в конце процесса замыкания геосинклинали или непосредственно после него. Эпигеосинклинальный орогенез характеризуется отмиранием общего прогибания, завершением складчатости с дальнейшим развитием сопряженных систем поднятий и впадин на фоне становления общего поднятия. Активный рост положительных СФ приводит к их преобладанию над отрицательными. В результате происходит сокращение общих и частных прогибов и отмирание впадин как областей прогибания и аккумуляции.

Высокая интенсивность вертикальных движений приводит к морфологическому становлению общего поднятия в виде эпигеосинклинального горного сооружения. В центральной части сопряженных компенсированных и перекомпенсированных межгорных и предгорных впадин образуются аккумулятивные равнины, обрамленные предгорьями.

В современном рельефе эпигеосинклинальные горные сооружения представлены в основном высокими линейно вытянутыми системами хребтов, часто с альпийским обликом рельефа, в различной степени осложненного вулканическими постройками.

Эпигеосинклинальные горные сооружения имеют блоково-складчатое строение с закономерно изменяющейся складчатостью – линейной в центре поднятия и сундучной – по периферии. В присводовых участках таких горных сооружений денудация часто вскрывает гранитные батолиты. Если на фоне общего поднятия развиваются складчатые деформации, то в рельефе отдельные хребты и их системы представлены антиклиналями, а разделяющие их понижения – синклиналями, осложненными разрывами. В условиях общего развивающегося поднятия происходит препарирование отдельных элементов мертвых складчатых деформаций. Т.о., в облике эпигеосинклинальных горных сооружений большое значение имеют деформации изгибов с различными радиусами кривизны.

*Эпи́платформенные* горные страны развиваются на разновозрастных платформах в условиях слабого горообразования (Тянь-Шань, Кордильеры). Здесь преобладают породы фундамента. Для хребтов и горных впадин характерна сводово-глыбовая структура (развитие пологих изгибов с крупно- и мелкоблоковым внутренним строением). Поэтому особое значение приобретают разрывы разных рангов. Отдельные хребты или их системы, как правило, соответствуют развивающимся горстообразным СФ, а разделяющие их впадины – грабенам и приразломовым долинам (Вост. Саян, Енисейский кряж). При значительном развитии пород чехла, хребты-поднятия могут представлять полого изогнутые осложненные разрывами складки фундамента, а также складки облекания, маскирующие глыбовую природу поднятия (Юго-Западный Тянь-Шань). В области слабого эпи́платформенного орогенеза встречаются глыбовые горы с горизонтальным залеганием пород.

Облик эпи́платформенных горных стран определяется преимущественно системами развивающихся разрывов, многие из которых – древние, возрожденные в процессе орогенеза. Поэтому простирание поднятий и впадин и общий структурный план наследуются от геосинклинального этапа развития.

*Рифтогенные* горные страны – основной тип океанских гор. В пределах континентов они представлены в основном пологими сводообразными поднятиями. В начале развития они осложняются многочисленными секущими и согласными разрывами, среди которых широко распространены сбросы, ограничивающие грабенообразные впадины, приуроченные к присводовым участкам и сводам общих поднятий (Восточно-Африканское горное сооружение, Байкальское нагорье).

Т.о., горная страна определенного генетического типа – это территория с общей доорогенной историей и тектоническим режимом, в пределах которой новейший процесс горообразования происходил примерно в одно время. Новейшие СФ и рельеф горной страны имеют общие черты строения, определяющие ее индивидуальный облик.

### **Главные мегаформы рельефа внутриконтинентальных горных стран.**

В условиях полного развития внутриконтинентальные горные страны включают комплекс мегаформ, некоторые из которых могут отсутствовать в редуцированных типах.

В строении горного пояса при его полном развитии вкрест простирания (от платформенных равнин к внутренним регионам) выделяются мегаформы III порядка:

1 - участки платформы, сопредельные с горным сооружением, перекрытые четвертичными молассовидными отложениями в результате возрастающего перекоса поверхности подгорных равнин;

2 - предгорные орогенные впадины;

3 - внешние горные сооружения – часто наклонены к предгорной впадине и имеют с ней общий склон;

4 - межгорная впадина подразделяет внешнее и внутреннее горные сооружения.

*Горное сооружение* – основная мегаформа горной страны – крупное общее поднятие со сводово-глыбовым строением. В рельефе оно образовано хребтами и их системами,

часто подразделенными горными впадинами. Выделяются простые и сложные горные сооружения.

*Простые* горные сооружения – общие поднятия, не осложненные крупными горными впадинами, выполненными молассами.

*Сложные* горные сооружения состоят из основных систем хребтов-поднятий, разделенных равноценными горными впадинами, выполненными молассами.

*Предгорные впадины* развиваются в зоне предгорного приразломового прогиба и характеризуются асимметрией. Их внутренняя часть, примыкающая к передовому горному сооружению – более глубокая и крутосклонная, а внешняя – пологая, она соответствует сопредельному участку платформы, втянутому в орогенный процесс. В рельефе – это низменные равнины, повышающиеся в направлении к горному сооружению.

*Зона предгорий* – регионы, примыкающие к горному сооружению и втянутые в общее поднятие. Ее образуют дробно расчлененные высокие наклонные денудационные равнины. Предгорья формируются в результате неравномерного поднятия и перекоса и миграции предгорной впадины.

*Межгорные впадины* разделяют горные сооружения. На протяжении почти всего процесса горообразования являются отрицательной СФ, равноценной горному сооружению. Подобно предгорным, испытали значительное сокращение и членение системами частных поднятий. В отличие от предгорных впадин, межгорные сокращались более равномерно и предгорья окаймляют их со всех сторон. В остаточных частных впадинах происходит осадконакопление, часто в условиях перекомпенсации.

В областях горообразования может быть несколько внутренних горных сооружений и межгорных впадин, однако чаще они включают одно или два горных сооружения. В редуцированных формах предгорные и межгорные впадины по масштабам могут не соответствовать горным сооружениям.

### **ТЕМА III. Экзогенный рельеф континентов.**

#### **ТЕМА 1. 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 обломочного материала от водоразделов до днищ долин или другого промежуточного базиса денудации. Главным действующим фактором является сила тяжести, поэтому на склонах преобладают гравитационные процессы: обвалы, оползни, осыпи, перемещение делювиальных и солифлюкционных покровов и др.

#### **Генетические типы склонов.**

По генетическому признаку склоны подразделяются на эндогенные и экзогенные.

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

Эндогенные сложные склоны характеризуются весьма значительной протяженностью и большой высотой (в горных странах высота – до первых км, протяженность – до первых сотен км; на платформах высота может превосходить 1-2 км).

*Экзогенные* склоны – 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 ее изменение зависят от соотношения эндогенных (Т) и нивелирующих экзогенных (Д) процессов:

$T > D$  – крутизна со временем возрастает;

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

$T < D$  – выколаживание склона.

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

Важной характеристикой склонов является их ступенчатость. Весьма интересна ступенчатость, отражающая направленный импульсивный рост поднятий и впадин – она является 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 подразделение данное Е.В.Шанцером с дополнениями по Г.С.Золотареву и С.С.Воскресенскому. По генезису, морфологии, внутреннему строению и характеру перемещения обломочного материала выделяются *обвальнo-осыпные, десертционно-солифлюкционные, делювиальные, оползневые, сложные полигенные* типы 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 т.ч. с крутизной  $1-2^\circ$ ) склонах происходят делювиальный смыв и массовое движение чехла обломков (дефлюкция, солифлюкция, курумы, «мерзлотный крип» и др.).

#### **I. Обвальнo-осыпная группа склонов.**

Обвальнo-осыпная группа склонов включает обвальные, осыпные и переходные полигенные типы. Наибольшее развитие обвальнo-осыпная группа склонов имеет в пределах ущелистых долин глубоко расчлененного горного рельефа. В высоких горных сооружениях условия формирования осложняются местными климатическими условиями.

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

Общими причинами обвальных и осыпных процессов является нарушение 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 склонам, 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 обваливается. Силы сцепления обычно бывают ослаблены дополнительными усилиями - непосредственной причиной обвала.

В верхней части обвального склона находится ниша, поверхность которой имеет форму полусферы или ее 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 четко 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 м.

С обвалами связаны природные плотины, состоящие из обвально-осыпных масс, загромаждающих дно ущелистых долин. Выше них образуются *завальные озера*.

Обвалы могут вызывать *сели* – грязевые и грязе-каменные потоки, катастрофически быстро формирующиеся в речках, внезапно загромаждаемых обвальными массами.

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

Типы осыпных скоплений:

1. Рыхлого сложения - обломки различных размеров с пустотами между ними. Перемещаются в результате несвязного скатывания – осыпания.

2. Плотного сложения – пустоты заполнены мелкоземом. Характерно полусвязное движение материала.

3. Покровы двучленного строения. Характер движения материала дифференцированный – несвязное в верхней части и полусвязное в нижней.

4. Подстилаемые древней мореной, иногда с линзами погребенного льда. На движение влияет пластичное состояние морены; движение сложное: десерпционно-осыпные при сползании и обвально-оползневое при скольжении нижней части.

5. Солифлюкционно-осыпные покровы – формируются в областях распространения вечной мерзлоты в периоды оттаивания и обводнения осыпей на склонах.

По морфологии в пределах обвально-осыпных склонов выделяются *площадные* и *линейные* формы накопления обломочного материала:

1. *Покровы* - формируются на пологонаклонных водоразделах и весьма пологих склонах. Характерно совпадение областей питания и распространения; часто имеют изометричные очертания.

2. *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, являющийся источником его питания. Намечается частичная дифференциация областей питания и распространения. По сравнению с покровами, потоки обладают большей подвижностью и лучшей сортировкой материала.

3. *Конусы накопления с желобами стока* - линейные формы, наиболее характерные для областей, где главными элементами рельефа являются склоны. Области питания, транспорта и накопления четко разделены. Среди конусов выделяются конусы без желоба стока, с экзарационным желобом стока разной степени выраженности (вплоть до древо-видных обводненных конусов накопления), конусы с хорошо разработанной нишей отрыва. Слияние конусов создает единый фронт осыпей основания.

Лавины. Различаются каменные и снежно-каменные лавины.

*Каменные лавины* - следствие крупных обвалов, сопровождающихся оползневыми явлениями. При пересечении водных источников, лавина испытывает обводнение и может перейти в «жидкий» *оползень-поток*. При поступлении материала в реку возникает *сель*. Скорость движения каменных лавин 50-100 км/час. Каменные лавины тяготеют к экстрагляциальным районам.

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

**3. Переходные полигенные склоны** наиболее распространены. К ним относятся *обвально-осыпные* и *обвально-оползневые*.

## **II. Оползневая группа склонов**

Под оползанием понимается смещение горных пород на склонах, при котором преобладает скольжение по имеющимся или формирующимся поверхностям или системе поверхностей.

**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* - 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 тело оползня влагой.

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 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:

- верхняя - *структурная*, или *глыбовая* - в ее 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 разбита на отдельные блоки;

- нижняя - *аструктурная*, - представляет сильно перемятые породы с обломками более устойчивых разностей. В ее рельефе выделяются *бугры пучения*, чередующиеся с часто заболоченными западинками.

Тело оползня лежит на поверхности скольжения (*динамическая поверхность*).

*Подошва оползня* – 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 системой лобовых трещин (связаны 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 мелкозема;

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

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

Группа детрузивных оползней. В процессе перемещения оползневого массива происходит деформация пород в основании оползневого склона. Подвижность оползня усиливается если он подмывается рекой. При глубоком захвате пород процессом оползания в реке 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.

Детрузивные оползни возникают при наличии в средней и нижней части склона водоносных мелкозернистых песков-плывунов.

### III. Делювиальные склоны.

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:

- 1) количество и характер осадков,
- 2) крутизна склона,
- 3) физико-механические и др. свойства пород, слагающих склон,
- 4) степень консервации почвы растительным покровом.

Отложившийся материал называется *делювием*, который слагает *делювиальные шлейфы* мощностью от 1 до 20 м. Для делювия характерны однородность, вертикальная отдельность, пористость 30-50%, едва заметная слоистость, карбонатность, наличие горизонтов погребенных почв. Накопление делювия на шлейфах – импульсивное. Средняя интенсивность осадконакопления - десятые доли мм/год.

Форма делювиальных склонов близка к тупоугольному треугольнику высотой в первые десятки метров и основанием в сотни метров и первые км. В верхней части мощность делювия незначительна, к основанию она возрастает и вновь утоньшается к периферии. Часто в строении выделяется две части с условной границей между ними:

- нижняя – может обладать неправильной слоистостью, косвенно отражающей строение коренных пород;

- 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:

- гумидная – наиболее благоприятна для образования типичных делювиальных склонов (описаны выше). Их выделяют в подтип делювиальных склонов с преобладающим плоскостным сносом, характерным для пологих поверхностей гумидных регионов;

- семиаридная – отличается сложным процессом смыва, сочетающим плоскостной и полулинейный снос. Снос происходит по системам хорошо разветвленных борозд глу-

биной 2-10 см, закладывающихся на расстоянии от первых десятков см до первых м. 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 осадконакопления и коррелятивных им фаций:

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

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

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

#### **IV. Склоны, сформированные массовым перемещением обломочного материала.**

Главный процесс формирования склонов - *массовое движение чехла обломков*.

По консистенции склоновые образования могут быть твердыми, пластичными, текучими. На консистенцию оказывают влияние форма частиц, агрегатное состояние воды, наличие коллоидов в растворах и кристаллизационные связи.

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

Солифлюкция свойственна территориям с широким распространением вечной мерзлоты и мерзлых рыхлых пород, которые при замерзании концентрируют в себе влагу. При таянии повышенная влажность мелкозема обеспечивает жидкотекучую консистенцию грунта.

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

*Дефлюкция* – медленное смещение грунта при вязкопластических деформациях. Причины движения чаще всего связаны с изменением температуры, влажности, промерзанием-оттаиванием. Скорости измеряются мм/год.

Медленная солифлюкция и дефлюкция объединяются понятием *крип*.

*Десерпция*, или сползание – медленное (несколько мм или долей мм/год) движение сухого обломочного материала (песка, дресвы, щебня), не скрепленного растительностью, в результате изменения объема 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** имеют неровную поверхность, осложненную оплывами, натечными буграми и *солифлюкционными террасами*.

Солифлюкционные 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 объема частиц, а также медленным сползанием – дефлюкцией, или крипом.

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

В горных условиях развиваются на сравнительно крутых склонах (20, реже до 30°). Источник обломочного материала - 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 связано образование *каменных глетчеров* – потоки каменистых и льдисто-каменистых масс, расположенные в верхней части склонов расчлененного горного рельефа; 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 расчлененным рельефом и ущелистыми долинами; высоты склонов сокращается от центра к предгорьям. К двухъярусным относятся горные сооружения с нижним ярусом глубоко расчлененного рельефа и верхним – умеренно и слабо расчлененным с пологими склонами, которые опираются на широкие днища долин, а также высокими плоскогорьями; ярусы расположены концентрически по отношению к центральной части общего поднятия

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

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

2. При субширотном простирании хребтов возрастает роль экспозиции склонов.

В соответствии с геоморфологическими и климатическими условиями выделяются основные типы склонов: обвально-осыпные, оползневые (*оползни-обвалы* и *склоны отседания*), десерпционно-солифлюкционные склоны 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 обвально-осыпные склоны, местами осложненные оползнями.

#### **Платформенные равнины.**

Главной особенностью развития склонов и коррелятивных отложений - однообразие климатических и орографических условий на обширных пространствах. Поверхности с уклонами до 10° преобладают. 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 создает различные сочетания экзогенных процессов. В высоких широтах распространены десерпционно-солифлюкционные склоны с подчиненными участками оползневых и обвально-осыпных форм. В средних широтах — делювиальные склоны, сочетающиеся с оползневыми и в меньшей степени — с осыпными формами.

## ТЕМА 2. 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 другом. 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 ( $mv^2/2$ ), полностью или большей частью расходуется на перенос обломочного материала, поступающего в русло, и на преодоление сопротивлений. В первом случае остаток энергии тратится на *эрозию*, 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*.

По масштабам и генезису может быть выделен генетический ряд: эрозионная борозда – рытвина – 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 наиболее 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 распространенная флювиальная форма. Морфологически включают современный формирующийся врез реки, т.е. ее пойму и русло, а также общий – сопряженный склон, моделированный или полностью созданный эрозией.

История развития каждой речной долины зафиксирована в ее морфологии, размерах, рыхлых отложениях, заполняющих ее дно и покрывающих склоны. Основные черты рельефа наиболее четко 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, нижнее течение и устье, которое теоретически отвечает наиболее низкой точке профиля и является *базисом эрозии* данной реки. Выделяются базисы эрозии разных порядков и значимости:

- *главный* базис эрозии – уровень Мирового океана;
- *региональные* базисы эрозии – крупные аллювиальные низменности, особенно типа предгорных и межгорных впадин;
- *локальные* базисы эрозии – могут быть выделены в долине каждой реки.

В соответствии с соотношениями массы воды и 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 трем стадиям формирования долин.

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

Если в речной долине сохраняются основные параметры, определяющие ее 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 отрезке долины он соответствует динамическому равновесию при данных гидрологических условиях и постоянном базисе эрозии.

Итак, 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 приемник. Они широко распространены на равнинах платформенных областей, где являются преобладающим типом; часто встречаются в орогенах, где их ограничения более резкие.

На возвышенностях верховья рек поднимаются вверх по склону за счет процессов *регрессивной*, или *попятной эрозии*. При этом может произойти сближение продвигающихся навстречу друг другу рек, что приводит к борьбе за область питания. Она ведет к захвату рекой с большей энергией области питания или истоков медленнее развивающейся реки - происходит перехват и образование общего стока. Участок долины, прорезающий водораздел, является *сквозным* и называется *эпигенетическим*, т.е. наложенным на ранее существовавший рельеф.

Эпигенетические долины являются *открытыми* - их верховья не замыкаются на склоне возвышенности.

Иногда открытые сквозные долины образуются при расчленении растущего поднятия. Развивающееся тектоническое поднятие практически никогда не может перегордить речную долину (из-за различия на 1-2 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 легко расворимых пород и известняков.

### **Строение речной долины в поперечном сечении.**

Основными элементами речной долины являются русло реки, пойменные и надпойменные террасы и их склоны.

*Русло* – наиболее пониженная часть речной долины, по которой происходит сток воды в межпаводочные периоды.

*Пойма*, или *луговая терраса* – относительно ровная часть дна речной долины, выстланная современным аллювием, затопляемая в половодье и поднятая над меженным уровнем.

*Терраса* – это ступенеобразные формы рельефа склонов долин, берегов озер и морей. У террас выделяют площадку, или поверхность; обрыв, или уступ; бровку и тыловой шов.

### **Морфологические типы речных долин.**

Для определения динамики долин часто используется форма ее поперечного сечения. Классификационными признаками служат ширина днища, характер сочленения поймы с террасами и склонами, крутизна бортов, строение рыхлых толщ. По этим признакам выделяются:

1 – *Треугольная (V-образная) форма* – обычны прямые коренные склоны и узкое днище. Склоны крутые ( $>20^\circ$ ) деструктивные (обвальные, осыпные, дефлюкционно-курумовые), иногда - пологие ( $12-15^\circ$ ). Долины в основном симметричные, реже асимметричные – один склон пологий и часто аккумулятивный.

Долинам присущ значительный уклон днища (0,02-0,2), 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 мелкозем в ее основание. Аллювий характеризуется крайне низкой окатанностью. Аллювиальные фации чередуются со склоновыми.

В V-образных долинах энергия потока расходуется только на их углубление.

2 – *Долины с параболической формой поперечника* – длинные склоны крутизной  $10-25^\circ$  опираются на днище шириной 100-200 м. Тыловой шов поймы бывает затянут шлейфом склоновых отложений.

Параболические долины, как правило, выработаны мощными потоками, имеют сложное строение рыхлых отложений, в истории развития сменялись эпохи врезания и аккумуляции.

3 – *Трапецевидный тип долин* – наиболее распространен в равнинных и горных областях. Ширина колеблется от 200 м до 3 км 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.

Особенностью долин с террасированными бортами и аномально широким днищем является 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 км. Коренные борта пологие ( $10-15^\circ$ ), 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 в паводки водой.

На современном этапе развития эти долины, как правило, находятся в стадии аккумуляции. Мощности рыхлых отложений в бортах и под днищем составляет многие десятки и даже сотни метров.

#### **Пойма и русло реки.**

В долинах рек платформенных областей поймы обычно аккумулятивные и хорошо развиты. Их поверхность обычно слагает *пойменный аллювий*. Он подстилается *русловым аллювием*. На поверхности поймы сохранились *староречья*, в которых накапливается *старичный аллювий*. Реликты древних русел представлены серповидно изогнутыми заболоченностями и старичными озерами или линейно вытянутыми полуизолированными протоками – *притеррасными* и *прирусловыми*. 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 размывает древний пойменный аллювий.

Наиболее распространены меандрирующие реки. Существует предел роста излучин, зависящий от массы воды и скорости течения. Поэтому каждая река характеризуется определенной шириной 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 *песовых ложбин* и *перекатов*. Примерно в центральной части этих неровностей проходит *стрезень*. Песовые 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 до 40-50 м. В русле меандрирующих рек при уменьшении уклона русла 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, разделенные сериями островов. Острова перемещаются вниз по течению, изменяя очертания. Их поверхность может быть сложена русловым аллювием или перекрыта пойменным аллювием и пересекается мелкими протоками, формирующихся при повышении и спаде уровня паводковых вод в русле.

#### **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 отсутствующей или слабо проявленной донной эрозией, русло длительное время блуждает практически на одном уровне, производя боковую эрозию и вырабатывая 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 т.п.

Перстративный аллювий характеризуется нормальной мощностью (составляет разность отметок дна плесов и уровня паводковых вод) и двучленным строением – нижний горизонт сложен русловым аллювием с линзами старичных осадков, верхний горизонт – паводковые осадки. 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 т.п. При усиленном заполнении долины русло реки переходит на все более высокие уровни по отношению к ложу аллювиальной толщи. 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 накопления аллювия наиболее 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 позволяет оценить своеобразия 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):

1 – колебания базиса эрозии;

2 – изменение баланса обломочного материала в данном речном бассейне и транспортирующей способности водного потока.

Различия между врезами и террасами были впервые показаны С.С.Шульцем.

*Цикловый врез* соответствует дну и вышерасположенному склону цикловой долины. Он образуется при начальном преобладании глубинной эрозии, сменившейся боковой эрозией, 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 и молодые – в нижней части склона.

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

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

**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 остается без покрова аллювия. Выделяется два подтипа врезов: а) с преобладанием глубинной эрозии на протяжении всего времени формирования - характерны редуцированное дно и гипертрофированные склоны – *теснины, горловины* и т.п.; б) 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** – ступень, состоящая из площадки и склона с высотой уступа до нижерасположенной площадки.

**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* – редуцированная форма эрозионно-аккумулятивных долин. Развиваются в условиях значительного преобладания эрозии; для них характерен маломощный аллювий, часто перекрытый полигенной покровной толщей.

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

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

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

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

Для *вложенных врезов* характерно чередование эрозионной и аккумулятивной деятельности реки, но каждый последующий цикл эрозии не достигает первоначальной глубины, часть древнего аллювия сохраняется, и происходит накопление толщ разновозрастных аллювиальных отложений, переходящих в погребенное состояние.

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

**Аккумулятивная терраса** – уступ, полностью сложенный флювиальными отложениями и обычно плохо выраженный. В наложенных формах уступ не образуется.

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 прогиба горных сооружений.

### Полезные ископаемые, связанные с аллювием.

*Россыпь* – это скопление рыхлого или сцементированного обломочного материала, содержащего в виде зерен, их обломков либо агрегатов ценные минералы.

Аллювиальные россыпи связаны с реками, дренирующими средне- и низкогорный рельеф. Это объясняется оптимальными скоростями русловых потоков, расположенных в промежуточном отрезке продольного сечения крупных речных долин.

Среди аллювиальных россыпей выделяют: долинные (в днище долины), русловые, косовые, террасовые разных уровней, приустьевых притоков, водораздельные (связаны с отмершими участками долин). Они часто ассоциируют с другими типами россыпей.

Среди аллювиальных россыпей выделяются россыпи насыщения и рассеяния.

К *россыпям насыщения* относятся россыпи долин низких и средних порядков, приближенные к коренным источникам; для них характерны каньонообразные и корытообразные сечения долин, малая примесь илесто-глинистой фракции, высокие содержания крупного и мелкого золота, выдержанность оруденения.

*Россыпи рассеяния* - образованы в условиях преобладания выноса металла над привносом, связаны с расширяющимися долинами, являются долинными, террасовыми, устьевых притоков, сложными склоново-аллювиальными. Для них характерно мелкое золото, весьма неравномерное, часто гнездовое его распределение, наличие пустых пород.

В разрезе аллювиальных россыпей выделяют снизу вверх следующие элементы:

- *плотик* – коренные породы, подстилающие промышленные пески;
- *пласт* или *пески* – собственно металлоносные отложения;
- *торфа* – пустые песчаные отложения;
- *почвенный слой*.

Если в разрезе аллювия имеются два и более металлоносных пласта, то осадки, подстилающие верхний пласт называются *ложный плотик*. Строение плотика – важный показатель продуктивности русловых россыпей – чем он сложнее, тем контрастнее распределение полезных компонентов.

В целом аллювиальные россыпи слагают лентовидные тела, вытянутые вдоль долины. В поперечном сечении они могут слагать одну линзу, часто расщепляющуюся ниже по речной долине. Распределение полезного компонента внутри россыпи неравномерное и струйчатое.

*Долинные и террасовые россыпи* являются сложными и могут формироваться за счет размыва и переотложения русловых россыпей. Чаще всего долинные и террасовые россыпи – россыпи рассеяния, русловые – насыщения.

*Косовые россыпи* образуются в результате накопления мелких россыпных минералов в местах резкого снижения скоростей потоков вдоль выпуклых участков меандр и вблизи островов. Они могут располагаться намного ниже по долине, удаляясь от русловых россыпей. Их отличает: тонкозернистый состав, часто пластинчатая форма полезных минералов, приуроченность к верхним частям осадков русловых отмелей, мелкие размеры, возобновляемость запасов (часто ежегодная).

*Россыпи приустьевых притоков* формируются в местах резкого осложнения основной реки боковыми притоками; могут быть богатыми, т.к. ценные минералы могут поступать и по основному руслу, и из притока.

*Ложковые россыпи* встречаются в верховьях долин и являются сложными (склоново-аллювиальными или склоново-пролювиальными). Содержат слабо переработанный водными потоками солифлюкционный и делювиальный материал. Для их образования необходимо близкое присутствие высокопродуктивных коренных источников. Как правило, ложковые россыпи трассируют рудоконтролирующие разломы коренных рудоносных зон. Они отличаются небольшими размерами, весьма неравномерным распределением полезных компонентов, присутствием самородков.



### **Геоморфология речных долин горных и равнинных рек.**

**Мощности отложений.** В платформенных условиях в течение плейстоцена заполнение аккумулятивных врезов характеризуется умеренными мощностями аллювия (десятки и реже сотни метров в долинах крупных рек). В предгорных и межгорных впадинах мощность достигает сотен метров (соизмерима с мощностями отложений платформенного чехла, накопившегося в течение одного геологического периода).

**Фациальные различия.** Реки платформенных областей отличаются постоянством механического состава аллювия:

- русловая фация – супеси, пески, реже гравий и мелкий галечник, пересыпанный песком;

- пойменная фация – суглинки с прослоями супесей; в районах большого блуждания рек с многочисленными старицами – тяжелые суглинки и глины.

В долинах орогенных областей строение аллювия обусловлено изменениями орографических и климатических условий в пределах долины от истока к нижнему течению.

В предгорье преобладает пролювиально-аллювиальный подтип отложений. По мере удаления от гор в русловом аллювии галечниковая компонента замещается гравием и песками, а пойменные отложения переходят в супеси, суглинки и (реже) глины.

**Морфологические различия.** Основные элементы платформенных долин - широкое дно, невысокие пологие склоны, значительно уступающие ширине долины.

Главный элемент горных долин - крутые склоны при сокращенной ширине.

### **Временные русловые потоки.**

Временные потоки отличаются от рек гидрологическим режимом – реки характеризуются сменой периодов устойчивых уровней (межени) периодами паводков, временные потоки не имеют постоянного питания грунтовыми водами и характеризуются отсутствием межени.

Скорости подъема воды у временных потоков обычно весьма велики.

Воздействие рек и временных потоков на грунты их ложа может быть различным из-за: а) разных гидравлических особенностей паводка; б) различия свойств грунтов, находящихся в условиях постоянного или переменного увлажнения.

Густота сети временных потоков мало зависит от климатических условиях.

Среди временных русловых потоков выделяются временные потоки оврагов и временные горные потоки.

**Овраги.** Начало оврагообразования связано с разработкой неровностей в пределах склона или бровки долин рек до промоин и рытвин. В рытвинах периодически концентрируется большее количество воды и они растут в глубину, ширину, вниз и вверх по склону, образуя овраги, дно которых отличается неровностью. В дальнейшем профиль оврага выравнивается, устье достигает уровня впадения потока. В его верховьях протекает интенсивная регрессивная эрозия, приводящая к продвижению вершины оврага вглубь водораздельного пространства. Разработка аналогичных промоин, осложняющих склоны оврагов, создает ветвящуюся овражную систему.

Аридизация климата приводит к преобразованию плоскостного смыва в различные формы мелкоовражного расчленения.

В низовьях оврага и особенно при его выходе в долину реки или в другие водоемы могут образовываться *конусы выноса*.

В областях лесостепи и степи развиты оврагоподобные формы - балки.

**Временные горные потоки.** Их верховья расположены в верхней части горных склонов и представлены системой сходящихся рытвин и промоин, образующих *водосборный бассейн*. Ниже располагается *канал стока* – русло по которому движется вода, часто с большой скоростью. При выходе на равнину ее скорость уменьшается,

потоки ветвятся, и переносимый материал откладывается, образуя *конус выноса временного горного потока* в виде полукруга, поверхность которого наклонена в сторону предгорной равнины.

В аридных областях некоторые постоянные горные реки, разливаясь на предгорных равнинах, образуют *сухие*, или *субаэральные дельты*.

**Пролувий.** Весь комплекс отложений конусов выноса, предгорных шлейфов и субаэральные дельты объединен понятием *пролувий*.

*Пролувий*, или *пролувиальные отложения* – это наземные накопления устьевых выносов эрозионных долин временных потоков, представленные продуктами разрушения горных пород, которые слагают конусы выноса и образующиеся от их слияния пролувиальные шлейфы, а также наземные (сухие) дельты постоянных, но иссякающих в низовьях рек. Развиваются в условиях засушливого или переменного влажного климата.

Главными чертами строения крупных конусов выноса и сухих дельт является их литологическая и орографическая зональность. В.И.Попов и Е.В.Шанцер отмечали три главные зоны: верхнюю - *вершинную* – сложена русловым аллювием с радиальной системой водотоков; среднюю – *веерную*, или *периферическую*, расположенную по периферии морфологически выраженного конуса; нижнюю - *фронтальную*, *зону накопления*.

Литологическая зональность проявляется в образованиях любого масштаба и заключается в изменении валунно-галечного и песчано-гравийного материала до тонких супесчано-суглинистых разностей пород от вершинной к фронтальной части конуса.

**Пролувий орогенных областей.** Среди пролувиальных отложений можно выделить два генетических подтипа.

Отложения *долинного пролувия* распространены в узких крутосклонных долинах горного сооружения. Наиболее существенными особенностями его являются:

- а) незавершенность процессов осадконакопления;
- б) редуцированность периферической и отсутствие фронтальной частей конуса;
- в) временный характер накопления с постоянным постседиментационным преобразованием (размыв и переотложение и замещение коллювием).

Долинному пролувию присущи грубообломочные, щебенисто-валунно-галечниковые плохо сортированные отложения.

Отложения *равнинного пролувия* распространены на пологонаклонных обширных подгорных равнинах межгорных и предгорных впадин. Они характеризуются:

- а) завершенностью процессов осадконакопления;
- б) полным развитием вершинной, средней и фронтальной зон;
- в) постоянный характер осадконакопления.

В строении равнинного пролувия преобладает тонкий супесчаный и суглинистый материал.

Аккумулятивные формы накопления подгорного:

- *сухие дельты* – отложения устьев транзитных рек область питания которых лежит в пределах горного сооружения, образуют наиболее мощные и обширные скопления уплощенной конусообразной формы;

- *конусы выноса* – отложения устьев рек более высокого порядка.

**Строение субаэральные дельты.** Их основной особенностью строения является концентрическая зональность в плане.

В строении субаэральные дельты выделяются несколько зон:

**А.** Относительно крутая вершинная зона конуса сложена преимущественно галечниками. От русловых галечников они отличаются а) повышенной мощностью; б) постепенным уменьшением крупности материала при удалении от вершины конуса; в) параллельным поверхности конуса наслоением; г) уменьшением заглиненности галечников в верхних частях толщи, лишенных четкого параллельного напластования.

Отложения вершинной зоны В.И.Елисеев назвал *потоковой фацией* пролувия.

В вершинной зоне конуса поток растекается по поверхности, образуя радиально расходящуюся систему русловых ложбин, некоторые из которых несут воду постоянно. Вдоль всех ложбин происходит перемещение и переотложение грубых наносов; по мере их накопления положение русел меняется. Многие русла заканчиваются слепо и напротив их устья образуются наложенные на поверхность конуса частные плоские веера выноса, сложенные преимущественно песчаными и супесчаными осадками.

**Б.** Полого-покатая периферическая часть сменяет вершинную зону по мере удаления от вершины и выполаживания поверхности конуса. В связи с уменьшением уклонов и существенным изменением режима осадконакопления, здесь меняется состав отложений.

У внешней границы вершинной зоны подавляющее большинство русел иссякает. Здесь располагается пояс частных вееров выноса, мигрирующих со временем с места на место. Эти веера пересекаются отдельными русловыми ложбинами, где происходит накопление песчаного материала; во время паводков большие площади между ложбинами заливаются маломощным слоем воды, из которой оседают тонкие (супесчаные и суглинистые) наносы. Они в основном слагают периферическую зону конуса и по терминологии В.И.Елисеева, образуют *веерную фацию* пролювия.

**В.** Во фронтальной зоне при разливах полых вод возникают мелководные временные водоемы озерного типа, а также располагается система болот, соров, солончаков и такыров, питаемых поверхностными и грунтовыми водами. Здесь широко развиты две литогенетические группы:

а) неяснослоистые песчано- или алевро-суглинистые, оглеенные, карбонатные и часто сильно загипсованные и засоленные накопления болотно-солончакового типа;

б) озерные отложения, сложенные плотными тонкослоистыми карбонатными алевритистыми глинами, мергелями и содержащие прослой мергелистых известняков и залежи гипса.

Этот комплекс В.И.Елисеев выделил в *фацию разливов*.

**Пролуви́й аридных предгорий.** В строении пролювия выделяются:

- фации вершинной зоны, в пределах которой обычно хорошо обособлены индивидуальные устьевые конусы выноса;

- фации полого-покатой периферии – чаще всего представляют собой единый шлейф.

Для фаций вершинной зоны характерны: слабая обработка грубого обломочного материала, плохая сортировка и неправильная линзовидная слоистость отложений. Основную часть отложений слагают плохо отмытые глинистые щебни и дресвянисто-щебенчатые суглинки, среди которых встречаются линзы лучше сортированных плохо окатанных галечников, гравия и песков. Именно эти толщи принято считать наиболее характерным типом собственно пролювиальных отложений.

Периферическая полоса пролювиальных выносов отличается малой общей обводненностью и отсутствием окраинной зоны разливов. Эти образования из-за малой интенсивности поверхностного стока по динамике образования сближаются с делювием.

По периферии обширных и пологих пролювиальных шлейфов часто развиты пылевато-суглинистые отложения, которые под влиянием субаэрального диагенеза приобретают в сухом климате ясно выраженный лессовидный облик.

### **ТЕМА 3. Геоморфология морских побережий.**

#### **Элементы рельефа побережья.**

*Побережье* - узкая зона 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* – подвергается периодическому затоплению;

- *берег* – представляет сушу.

Во внешней части побережья происходит размыв поверхности и формирование *абразионной площадки*. Материал выносится к берегу и к 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 оказывают взаимное влияние суша и море.

Водная среда преобразует рельеф в результате:

- морских волнений, возникающих под воздействием постоянных и штормовых ветров;

- морских течений, обусловленных температурным режимом масс воды;

- приливно-отливных перемещений.

Биогенный фактор имеет существенное значение в строении зоны побережий, особенно в низких широтах.

Суша – 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 распределение 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:

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

- *высота волны* ( $h$ ) – расстояние между наивысшей и наименьшей 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.

Т.к. волна может быть асимметричной, выделяют ее *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;

- *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 делается более крутым, а задний – выполаживается. Участки запрокидывания гребня называются *забуруниванием*. При разрушении волны 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*, или *откат*.

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

У берега на характер волны 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 ее, кроме того и на преобразование рельефа дна.

В пределах побережья выделяется несколько зон:

- *зона симметричных волн* - развивается в условиях открытого моря и глубин  $H > 1/2L$ , обломочные частицы находятся в покое;

- *зона слабо асимметричных волн* - развивается в условиях уменьшения глубин ( $H < 1/2L$ ), 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 результате воздействия асимметричных волн вниз и вверх от нейтральной зоны на склоне формируются области накопления осадков.

При различных уклонах дна процессы абразии и аккумуляции варьируют в зависимости от положения нейтральной зоны. По мере достижения профиля равновесия перемещение материала будет ослабевать. В зависимости от уклонов различаются побережья трех 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 сушей – пляж;

- *крутое дно* характерно для *приглубых* берегов. Выработка профиля равновесия производится в результате интенсивной абразии верхней части склона и накопления материала в нижней, что приводит к отодвиганию 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 все более крупные частицы, и выработка профиля дна сопровождается не только изменением его наклонов, но и сортировкой материала.

#### **Аккумулятивные и абразионные формы 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 год вдоль данного участка побережья.

*Емкость потока* – предельная возможная мощность, т.е. наибольшее количество наносов, которое волны могут перемещать.

Соотношение мощности и емкости определяет *насыщенность потока* и геологическую работу волн. При мощности потока, равной емкости вся энергия волн затрачивается на транспортировку наносов. При емкости, меньшей чем интенсивность поступления

наносов, наносы частично отлагаются; при недостаточной насыщенности потока часть энергии идет на размыв и моделировку рельефа побережья.

Аккумуляция и абразия главным образом зависят от емкости 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 варьирует 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 склон, у основания которого 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 валов не превосходит нескольких метров, протяженность обобщенных гряд - от нескольких сотен метров до первых км. 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 10-20 м, возвышаются над водой в среднем на 4-5 м и протягиваются вдоль берега на десятки км. Занимают 10% береговой линии Мирового океана.

Стадии развития берегов с барями: 1 – формирование *подводных баров*; 2- образование *островов* и *островных дуг*, сложенных донными наносами, за счет разрастания баров; 3- формирование *береговых баров* и полная изоляция *лагун* с превращением их в *прибрежные озера*; 4 – вырождение озер 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 емкости потока приводит к накоплению наносов при их продольных перемещениях. Наибольшей емкостью поток обладает при подходе к берегу под углом 45°. Изменение очертаний берега нарушает емкость потока и приводит к абразии или аккумуляции.

Причины снижения емкости 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 приводит 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*, или *томболо*, объединяя сушу с островом. В зависимости от размеров волновой «тени» может образоваться несколько перемычек. В заливах с затрудненным 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 всем протяжении с берегом (пляжи, формирующиеся аккумулятивные террасы);

2 – *замыкающие* – сочлененные с берегом противоположными концами (береговые бары, пересыпи);

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

4 – *отчлененные* – не соединенные с берегом (островные бары и подводные валы).

**Абразия.** В условиях крутого склона и значительных глубин крупные волны прибое 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, прибое и влекомых ими обломков.

В определенных условиях механическая абразия сопровождается химической и термической абразией.

*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, прибое и приливно-отливных течений.

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

**Формы рельефа и развитие профиля равновесия приглубого берега.** Побережье приглубых берегов характеризуется комплексом форм, обусловленных интенсивной абразией.

А. 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 связан со срезанием дна, которое происходит одновременно с углублением волноприбойной ниши и обрушением части берегового склона. Стадиям отступления берега коррелятивны накопление толщ морских наносов во внешней части побережья и формирование аккумулятивной террасы.

На побережье приглубого берега происходит грубая сортировка наносов – наиболее крупные обломки сосредоточиваются в виде узкой полосы пляжа, а более мелкий материал сносится противотечением вниз по склону, где формирует прислоненную аккумулятивную террасу.

При 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 после-

довательные стадии разрушения берега и накопления наносов. Ярко выраженная волно-прибойная ниша и крутой нависающий клиф исчезают и на удалении от воздействия волн сохраняется только отступивший склон.

Б. Формы, созданные химической абразией. В результате ее действия в сочетании с действием подземных вод, дренируемых склоном, могут возникать формы подземного карста: галереи, поноры, пещеры. Если берег сложен достаточно крепкими известняками, в при выработке профиля равновесия развиваются и временно существующие подводные и надводные *абразионные останцы* (столбы, арки и т.д.).

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

Формирование приглубого побережья может сопровождаться оползневыми процессами. Накопление оползневых масс происходит в основании склона. Часто нижняя часть оползня подвергается воздействию волн и выработке форм рельефа, типичных для приглубых берегов.

**Типы побережья.** 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* и *шхерные* берега.

Фиордовые берега – затопленные древние троговые долины, образующие узкие крутосклонные глубокие заливы, разделенные 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 *риа-совых* берегов с узкими извилистыми заливами в районах древних устьев рек.

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* – их нарастание может привести к повышению местности и ее причленению 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 м при ширине 2 км и протяженности порядка первых десятков км. Песчаные волны имеют меньшие размеры – несколько метров в высоту, сотни метров (редко первые км) в длину и ориентированы перпендикулярно направлению приливов.

Коралловые постройки на побережье тропических морей. По отношению к суше выделяется несколько типов коралловых построек:

- *окаймляющие рифы* – примыкают к берегу и развиваются от суши к морю. Их поверхность разрушается под действием волн, образуя покров обломков и песка;

- *барьерные рифы* образуют гряды, отгораживающие коралловую лагуну от открытого моря. Коралловые гряды в большинстве случаев развиваются в зонах разломов;

- коралловые постройки, тяготеющие к вулканическим островам. При общем погружении острова барьерный риф его обрамляет, наращивая постройку вверх. Если погружение превышает скорость роста кораллов, то образуется *атолл* – лагуна, обрамленная кольцевым барьерным рифом.



### **Прибрежно-морские россыпи.**

Среди прибрежно-морских россыпей выделяются пляжевые, баровые, 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 формирования:

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

Собственно прибрежно-морские россыпи отличает:

- малая мощность, не превышающая 1 м, ширина в несколько сотен метров и очень большая протяженность, достигающая десятков и даже сотен км;
- многоярусные кулисообразные плоско-линзовидные тела песков, чередующихся с мелководно-морскими отложениями, содержащими детрит морских раковин;
- приуроченность рудных песков к верхней части баровых или пляжевых отложений;
- фациальные переходы в континентальные, часто эоловые и лагунно-морские отложения в поперечном сечении россыпи;
- хорошая сортировка и высокая степень окатанности, как правило, мелкозернистого песчаного материала;
- косоволнистая мульдобразная (фестончатая) слоистость;
- поликомпонентный состав, часто включающий рутил, ильменит и циркон и очень высокие (до 60-80% от массы песка) их концентрации.

### **Формы рельефа, климатически обусловленные**

#### **ТЕМА 4. Геоморфология районов платформенных и горных оледенений**

##### **Ледниковая эрозия и аккумуляция.**

##### **Ледниковая эрозия.**

Ледниковая эрозия связана с двумя процессами:

- 1 - истиранием (абразией) – состоит в стачивании ложа с помощью обломков, включенных в придонные слои ледника;
- 2 - отщеплением, или выламыванием (плакинг) – лед, двигаясь по поверхности ложа и в отдельные моменты примерзая к нему, вырывает и увлекает за собой блоки его пород. Фактор, благоприятствующий процессу - механические нарушения в подледных породах. В количественном отношении плакинг более производительен, чем истирание. Он активно действует на больших площадях ледникового ложа.

Следы обоих процессов выражены в морфологии *бараньих лбов* и *курчавых скал* - ледниково-эрозионных образований. Проксимальные (обращенные к леднику - передние) склоны скал всегда закруглены ледниковой абразией; дистальные (удаленные от ледника – задние) - имеют угловатые очертания, обусловленные выламыванием блоков.

*Штрихованные мостовые* – наиболее распространенные мелкие формы со следами ледниковой абразии - тонкими бороздами и царапинами, ориентированными в направлении движения льда. С уменьшением размера царапин штрихованные поверхности переходят в полированные. С увеличением их размеров поверхность

становится желобчатой - проявляются различные формы флютинга. Известны борозды выпаживания глубиной до 30 м и протяженностью более 10 км.

**Ледниковые цирки** – это крутосклонные полузамкнутые бассейны ледниковых высокогорий, принадлежат к числу наиболее заметных форм рельефа.

Выработка цирков начинается с накопления в водосборных воронках рек или в нишах, созданных процессами нивации, мощных толщ снега, которые трансформируются в ледниковый лед. Образовавшийся ледник под влиянием повышенной аккумуляции у задней стенки и интенсивной абляции на конце начинает вращаться вокруг горизонтальной оси. Под его подошвой развиваются абразия и плакинг, которые совместно с эффектами замерзания-таяния вверху новообразованной задней стенки, приводят к формированию типичного цирка.

Хотя в образовании цирков геологическое строение имеет подчиненное строение, настоящие цирки развиты только в областях развития пород, способных держать высокие крутые обрывы.

Обычные размеры цирка характеризуются шириной 1-2 км при высоте задней стенки около 300 м, но могут достигать ширины 16 км при высоте задней стенки 3000 м.

Зарождение и выработка цирков происходят вблизи снеговой границы. Для цирков северного полушария характерна предпочтительная ориентировка на север и восток, для цирков южного полушария – на юг и восток.

**Ледниковые трогои** - долины ледниковых и древнеледниковых областей, особенности которых связаны с ледниковой эрозией. Их поперечный профиль обычно U-образный. Часто наблюдается чередование участков типичного U-образного сечения с V-образным, т.е. долина подвергалась как ледниковой, так и водной эрозии.

Борта троговых долин горных стран вверху переходят в наклонные площадки – *плечи трогов*. Некоторые троговые долины имеют две или три пары плеч. Такие долины называют *вложенные трогои* и рассматривают как систему разновозрастных трогов. Существует также гипотеза, по которой вложенные трогои – результат ледникового моделирования водно-эрозионных форм, сформировавшихся в доледниковое время в условиях прерывистого поднятия.

Троговые долины имеют ступенчатый продольный профиль, обусловленный чередованием *бассейнов выпаживания с ригелями*. Бассейны служат ваннами озер или заполнены осадками. Ригели обнажены и подобно бараньим лбам резко асимметричны.

В плане для троговых долин характерна выровненность. Для них характерно наличие *висячих долин-притоков*, днища которых лежат выше дна главной долины, отделяясь от него *устьевыми ступенями*, высотой часто более 150-200 м. В местах впадения притоков в продольном профиле наблюдаются нисходящие (*конфлюэнтные*) ступени. С местами *фуркации* связаны восходящие (*диффлюэнтные*) ступени.

Троговые долины, связанные с геологической деятельностью ледниковых покровов и полупокровных систем:

1 - трогои выводных ледников – мало отличаются от трогов горных областей;

2 - долины ледникового прорыва, глубина может достигать 1000 м:

а) связаны с ветвлением долинных и выводных ледников. Ветвление характерно для областей высокоинтенсивного горного оледенения; происходит при переполнении льдом собственных трогов и его стекании через водоразделы в соседние бассейны;

б) трогои, связанные со струйным течением льда в ледниковых покровах – для ледниковых покровов характерна концентрация максимальных скоростей течения вдоль линейных зон, в целом совпадающих с погребенными льдом доледниковыми долинами. Покров выпаживает долины, ориентированные вкрест доледниковых водоразделов, создавая единую систему подледных лотков.

Ледниковые покровы подразделяются на пассивные участки (под ними консервируются подледные возвышенности), и зоны концентрированного линейного движения (происходит выпахивание трогов).

С развитием оледенения, ледоразделы больших ледниковых покровов часто испытывают многокилометровые смещения относительно доледниковых водоразделов.

В областях оледенений материковых окраин троговые долины продолжают в береговой зоне и на шельфах. В береговой зоне они переходят во *фьорды*, на шельфах – в подводные *желоба-троги*.

**Ледниково-эрозионные формы на низменностях.** Ледниковые покровы не всегда являются агентами выпахивания. Однако, некоторые низменности сильно эродированы ледниками.

Для районов с выходами изверженных и метаморфических пород типичны:

1 - рельеф крупных ледниковых борозд;

2 - озерно-холмистые ландшафты - многочисленные замкнутые впадины, занятые озерами и болотами, бессистемно комбинируются с низкими скалистыми холмами неправильных очертаний. Образуются за счет селективной эрозии ослабленных зон; следы абразии сохраняются на отдельных курчавых скалах и участках штрихованных мостовых.

На низменностях с выходами устойчивых пород часто образуются обтекаемые экзарационные формы – *друмлиноиды*, или *друмлины с ядрами коренных пород*. Их проксимальные концы обычно крутые скалистые, а дистальные имеют мягко-округлые очертания. *Крэг-энд-тейл* - друмлиноиды, на задних концах которых сохраняются остатки неустойчивых пород, формируются в результате интенсивной ледниковой эрозии.

На равнинных низменностях ледниковая эрозия сосредоточивается под лопастными выступами краевой зоны ледниковых покровов, в результате образуются бассейны, сильно углубленные и вытянутые в направлении движения ледникового покрова. Они аналогичны *языковым бассейнам* – глубоким замкнутым понижениям, выработанным концевыми частями горных ледников - для участков выхода ледниковых языков на предгорные равнины характерно усиление ледниковой эрозии.

#### **Ледниковая аккумуляция.**

Переносимая льдом масса обломков горных пород, или *влекомая морена*, подразделяется на *внутреннюю, поверхностную и донную*.

Внутренняя морена хорошо выражена лишь на участках сжимающих течений, когда обломочный материал переносится от подошвы ледников к их поверхности.

Поверхностная морена разделяется на *боковые моренные гряды* и *гряды средних морен*. Она имеет тенденцию расползаться по поверхности области абляции.

Придонный лед всегда обогащен моренным материалом (*придонная морена*).

Комплекс процессов, приводящих к преобразованию влекомой морены в *отложенную*, называют *ледниковой аккумуляцией*.

В зависимости от механизма аккумуляции морены, выделяются фации и подфации ледниковых отложений:

1 – *основная морена* – образуется в подледных условиях в процессе донного таяния мореносодержащего льда. При этом происходит отложение отдельных обломков горных пород и линз (чешуй) придонной морены;

2 – *абляционная морена* – в формировании участвуют два механизма, ведущих в образованию подфаций:

а) проектирование поверхностной морены вытаивания и внутренней морены на ложе при растаивании омертвевшего ледника – ведет к образованию *морены вытаивания*;

б) стекание водонасыщенной поверхностной морены к краям ледников по ледяным склонам – приводит к формированию *морены течения*, или *флоу-тилла*.

Характерные особенности материала отложенной морены - плохая сортировка и отсутствие слоистости. В ее состав входят *ледогранники* - крупные обломки пород с пригнутыми абразией ребрами и углами и отдельными штрихованными фасетами.

Фации морен различаются по текстурно-структурным особенностям. Основная морена – массивная порода, уплотненная под давлением льда, обычно с ясно выраженными гляциодинамическими текстурами и высоким содержанием ледогранников; характерна ориентировка обломков, совпадающая с направлением движения льда. Абляционная морена – обычно более рыхлое и более глинистое образование, чем основная морена; несет следы действия талых вод. Во флю-тилле наблюдаются текстуры течения.

**Моренные равнины** имеют *неправильно-волнистый* рельеф и сложены основной мореной, местами перекрытой скоплениями абляционной морены и водно-ледниковых осадков.

Механизмы высвобождения и накопления включенного в подошву ледников материала: 1 - *донное таяние* - включенные в лед обломки приводятся в контакт с ложем. Сопротивление сдвигу, возникающее при трении обломков о ложе, нарастает до тех пор, пока не превысит силу сцепления со льдом, после чего обломки отлагаются;

2 - последовательная стагнация чешуй переполненного мореной придонного льда. Увеличение трения мореносодержащей толщи о ложе приводит к образованию на ее контакте с чистым льдом поверхностей срыва. Последующее таяние отделившихся чешуй высвобождает включенные в них обломки.

Единые моренные покровы иногда распадаются на слои, характеризующиеся особым комплексом эрратики. Это связано с неоднократными изменениями направления движения льда в течение одного эпизода оледенения.

В результате особенностей образования основной морены и добавления к ней абляционной морены и водно-ледниковых осадков, в разрезах, соответствующих одному оледенению, выделяются пачки различных по литологии и генезису слоев.

**Друмлинные поля** - разновидность моренных равнин. Они имеют характерный рельеф низких холмов обтекаемой формы. Друмлины почти всегда встречаются группами.

Отдельные друмлины сложены основной мореной – сильно уплотненными, несортированными валунными глинами и суглинками, реже песками, имеющими гляциодинамические текстуры и предпочтительно продольную ориентировку.

Тупыми, сравнительно высокими и крутыми концами друмлины обращены навстречу движению льда, более пологими и узкими концами – в противоположном направлении. Длинные оси друмлинов соответствуют реконструированному направлению движения льда. Высота холмов варьирует от 8 до 60 м (средняя 30 м), длина – от 400 до 2500 м (средняя 1500 м), ширина от 150 до 700 м (средняя 500 м).

Происхождение друмлинов связывают с процессами подледной аккумуляции и ледниковой эрозии, идущими в условиях их неустойчивого равновесия. Предполагается, что часть друмлинов возникла при неравномерном выпахивании и переотложении ранее сформированной основной морены, а часть - при неравномерной моренной аккумуляции.

По классификации Р.Флинга, друмлины принадлежат к семейству обтекаемых холмистых форм ледникового рельефа, являясь одним из его конечных членов (100% моренного материала). Другой конечный член – бараньи лбы (100% скального материала). Промежуточное место занимают друмлиноиды и крэг-энд-тейлы.

В этот же ряд входит *флютинг (желобчатая морена)* – рельеф продольных параллельных желобков и грядок. Последние представляют собой длинные (в десятки и сотни метров) хвосты мелкозема, расположенные в тени валунов.

**Конечные морены** являются результатом ледниковой аккумуляции у краев активных ледников. Конечные морены - грядовые формы высотой от первых метров (и менее) до 100 м и более. Наиболее высокие гряды ассоциируют с концами долинных ледни-

ков. На низменностях конечные морены могут проследиваться на расстоянии в сотни км, для них характерны частые прорывы, образованные потоками талых вод.

В образовании конечных морен принимают участие три механизма, которые часто дополняют друг друга:

- *демпинг* – сваливание моренного материала. Может создать крупные гряды лишь в случае очень длительного стационарного положения ледника;

- *пушинг* – проталкивание материала. Сопровождает подвижки ледников и может создавать высокие асимметричные гряды, нагромождая и дислоцируя морену и неледниковые отложения предполий. Во внутренней структуре морены присутствуют следы складчатых, взбросовых, чешуйчато-надвиговых дислокаций;

- *сквизинг* – выдавливающее нагнетание. Ему подвергаются водонасыщенные моренные толщи, испытывающие неравномерное давление со стороны налегающего льда. Материал нагнетается в подледные трещины и туннели (формирование сетчатых гряд и грядок) или к ледниковому краю (конечные морены нагнетания).

При выдавливании полужидкой морены из-под ледников, спускающихся в морские или озерные бассейны возникают мелкие асимметричные гряды (проксимальные склоны пологие, дистальные - крутые), которые при отступании ледника могут покрывать обширные площади, создавая грядово-моренные ландшафты типа «стиральной доски».

**Боковые морены** - наиболее заметные формы рельефа современных долинных ледников. Древние боковые морены выражены гораздо хуже.

Обломочный материал, слагающий краевые морены, поступает, в основном, со склонов. Накопление материала, создающего теплоизолирующий слой на краях ледника приводит к тому, что на первоначально сниженных и наклоненных к бортам долин краях вырастают моренные гряды с ледяными ядрами. После вытаявания ядер, их моренный чехол проектируется на склоны и образуются краевые моренные гряды.

### **Флювиогляциальная эрозия и аккумуляция.**

#### **Флювиогляциальная эрозия.**

*Талая вода* - весь объем поверхностного стока, поступающий к ледникам из окружающих районов. Движение талых вод может идти по *наледниковым, внутрiledниковым, подледниковым* и *маргинальным (краевым) каналам*. Главная черта этих потоков - непостоянство, которое определяется подвижностью льда и изменчивостью расхода талой воды. Следствием непостоянства русел и расходов является резкая неравномерность скоростей течения.

Долины стока талых вод делятся на 4 четыре группы: маргинальные каналы, подледниковые каналы, каналы сброса (спиллвей) и кули.

**Маргинальные каналы** эродированы потоками, следующими вдоль контакта горных ледников с бортами вмещающих долин или параллельно краю ледникового покрова на участках предполий, наклоненных в проксимальном направлении. При этом в горах образуются многоярусные (*ярусные*) висячие долины, врезанные в склоны. В предполях ледниковых покровов маргинальные потоки вырабатывают широкие плоскодонные ложбины - *прадолины*.

**Подледниковые каналы** вырабатываются потоками, следующими по подледниковым туннелям. Такие каналы представлены: ущельями, пропиливающими долинными ригели и придающими V-образную форму профилям ледниковых долин; туннельными долинами; висячими долинами с «горбатым» продольным профилем и др.

*Туннельные долины* – «слепые», резко обрывающиеся долины, врезанные в ледниковые отложения и подстилающие их коренные породы. Они приурочены к периферическим зонам покровных оледенений и ориентированы по нормали к ледниковому краю. Их обычная ширина 1-2 км, глубина – до 100 м, длина достигает 75 км. В типичном случае имеют крутые склоны и довольно плоские днища, покрытые россыпями сферических ва-

лунов. Продольные профили туннельных долин осложнены системами замкнутых котловин, которые часто вмещают озера. На днищах долин иногда развиты озы, к их дистальным концам тяготеют флювиогляциальные дельты.

*Долины с «горбатым» продольным профилем* пересекают водоразделы областей оледенений. Их продольный профиль резко выпуклый, с превышением средних частей над начальными до 10 м. Они вырабатываются потоками, находящимися под сильным гидростатическим давлением.

**Каналы сброса (спиллвеи)** ассоциируются со следами ледниково-подпрудных озер – древними береговыми линиями и озерными осадками. Они обычно прорезают водоразделы между крупными речными системами и сами имеют крупные размеры.

**Кули** – ущелья, выработанные при мгновенных прорывах крупных подпрудных озер. Их глубина может превосходить 100 м, а их системы придают ландшафтам вид *изрезанных земель*.

#### **Флювиогляциальная аккумуляция.**

Основная масса материала, переносимого тальными водами, состоит из моренного материала, а также из продуктов разрушения ложа ледника. Размеры переносимых обломков варьируют от валунов до тонких илов и глин.

При классификации флювиогляциальных отложений следует различать материал, образованный в условиях непосредственного контакта с ледником (на поверхности льда), внутри льда и под его толщей, и прогляциальный материал, отложенный за границей ледника. Поля отложений первого и второго типов часто объединены.

Для флювиогляциальных отложений обычны хорошая сортировка и грубая слоистость с часто наблюдаемыми текстурами флювиальных дюн и знаков ряби. По составу материал близок к местным моренам. Часть валунов и гальки сохраняет следы ледниковой обработки. Пачки слоев с водной текстурой часто перемежаются с линзами моренного материала. Резкие скачки в размерности обломков отражают колебания расходов талой воды. Характерно наличие текстур обрушения, связанных с вытаиванием льда, в контакте с которым шла аккумуляция материала.

**Камы** – крутосклонные холмы и короткие гряды областей древних оледенений; существуют в двух видах:

1 - изолированные крутосклонные холмы. Варьируют от бугров высотой в несколько м до конических холмов высотой до 40-50 м. Практически всегда сложены песчаным и гравийно-галечным материалом, который в ядрах холмов обычно относительно хорошо слоист, а в краевых частях нарушен обвальными оползневыми структурами. В разрезах часто встречаются линзы морены и большие штрихованные валуны. Многие камы покрыты чехлом перемытого моренного материала.

2 – комплексы взаимосвязанных форм, образующих ландшафты холмов и западин.

Камы образуются несколькими способами:

1 – основной, связан с флювиогляциальной и моренной аккумуляцией на участках таяния мертвого льда. Слоистые камовые осадки накапливаются в озерах между ледяными глыбами, несортированный материал стекает с остаточных ледниковых массивов, чехол из перемытой морены проектируется со льда или отлагается позднеледниковыми потоками. Крупные камы, прислоняющиеся к коренным склонам долин и имеющие плоские поверхности, называются *камовыми террасами*;

2 - формирование флювиогляциальных дельтовых конусов перед фронтом малоподвижных ледников, оканчивающихся в приледниковых озерах. Слияние конусов образует линейные комплексы асимметричных камов с длинными пологими дистальными склонами и короткими крутыми проксимальными. Их высоты часто превосходят 100 м, ширина достигает 2 км. Такие комплексы называют *камовыми моренами*.

3 – просадки и обрушение флювиогляциального материала, отложившегося на поверхности мертвого льда. Возникает беспорядочно-холмистый рельеф камовых холмов.

**Озы** – линейно-вытянутые гряды водно-ледникового происхождения, сложенные косослоистыми песками, гравием и галькой. По своему составу и строению озы близки камам, но в общем сложены более грубым материалом.

Озы имеют вид валов с крутыми склонами и суженными гребнями. Гребневые линии ровные или плавно ундулируют. Крупные формы достигают высоты 100 м и протягиваются на сотни км; мелкие имеют высоту 2-3 м и длину сотни м – первые км.

Материал озов варьирует от крупных валунов до тонкого ила и слоистых глин. Особенно часто бывает представлен песками и галькой с косою слоистостью, позволяющей судить о направлении движения воды. В некоторых случаях слои располагаются в виде больших арок, приподнятых в середине и снижающихся у склонов.

Озы расположены на днищах котловин и долин, либо приурочены к равнинам. Встречаются поодиночке и группами, часто образуют конфлюэнтные системы, в некоторых случаях объединяются в густые сети, причленяются к камам и камовым террасам. В плане изгибаются, меандрируют, мало считаются с локальными неровностями рельефа.

Формирование озов связано с заполнением внутриледниковых туннелей и трещин продуктами перемыва морены. Наиболее крупные формы образованы путем дельтовой аккумуляции, шедшей у выходов подледниковых каналов в прогляциальные бассейны.

Основная масса озов образована целиком внутри ледниковых туннелей или в открытых трещинах-каналах, ограниченных высокими стенками мертвого льда, путем их заполнения.

**Зандры** образуются в результате отложения перед ледниковым фронтом флювиогляциального материала, переносимого потоками талых вод и представляют собой обширные аккумулятивные поверхности.

Развитие зон зандровой аккумуляции зависит от рельефа: в горах ниже концов ледников обычно наблюдаются узкие полосы долинных зандров; на открытой местности возникают широкие зандровые равнины, которые обычно образуются за счет слияния флювиогляциальных дельт. Для зандров обоих типов характерны сложные системы сплетающихся каналов, грубый состав обломочного материала и резкие сезонные колебания расходов воды.

Зандровые поверхности имеют крутые продольные уклоны, что способствует их быстрому и глубокому эрозионному расчленению и превращению в высокие террасовые уровни.

#### **Осадконакопление в приледниковых озерах.**

Перед краями ледниковых покровов и в горных долинах при их подпруживании долинными ледниками возникают *ледниково-подпрудные озера*, в которых формируются *ледниково-озерные*, или *лимно-гляциальные* отложения.

Грубообломочный материал, выносимый в озера, обычно остается в маргинальных дельтах. Такие потоки всегда перегружены наносами, и поэтому они способны чрезвычайно быстро создавать большие аккумулятивные формы.

Тонкий материал выносится в центральные части озер, где образует обширные покровы глин и ила. В пределах этих покровов встречается много обломков гравийно-галечной и валунной размерности (связаны с айсберговым разносом – *рафтингом*).

Лимно-гляциальные отложения слагают дельтово-ледниковые террасы камовых комплексов, значительную часть камов, а также толщи *ленточных глин* – четко стратифицированных осадков, состоящих из большого числа параллельных лент. Каждая лента – результат годового цикла осадконакопления в условиях озер, находящихся большую часть года в замерзшем состоянии. Она всегда состоит из двух слоев: верхнего – зимнего, тонкозернистого (глинистого), темноцветного (за счет обогащения органикой), образо-

ванного под ледяным покровом; нижнего – летнего, сравнительно грубого (в основном тонкопесчаного), светлоокрашенного, образованного в разгар сезона абляции.

*Варвохронология* – метод абсолютной геохронологии, применимый в областях древних оледенений, который состоит в подсчете годичных слоев в ленточных глинах и корреляции соседних разрезов.

### ТЕМА 5. Криогенный рельеф.

“Вечная”, или многолетняя, мерзлота – длительное оледенение приповерхностных толщ и подземных вод, т.е. *подземное* оледенения. Это явление привело к формированию *геокриозоны (криолитозоны)*.

#### Основные черты строения криолитозоны и криогенные рельефообразующие процессы.

Подземное оледенение возникло одновременно с поверхностным в плейстоцене. Геокриозона занимает 26% всей суши, преимущественно в Северном полушарии. В высоких и полярных широтах мощность мерзлоты достигает 1000 м и имеет сплошное площадное распространение. На юге она сокращается до первых десятков метров и ее распространение становится прерывистым.

В геокриозоне сверху вниз выделяется три неравноценных по мощности зоны:

1 – сезонного протаивания – состоит из сезонноталых пород, которые образуют деятельный, или *сезонно-талый слой (СТС)*. Его мощность сокращается в условиях высоких широт и возрастает к югу, как бы замещаясь вне геокриозоны слоем сезонного промерзания, или *сезонно-мерзлым слоем (СМС)*;

2 – многолетнего промерзания, испытывающая сезонные колебания отрицательных температур;

3 – многолетнего промерзания, не подверженная сезонным колебаниям температур.

В строении геокриозоны большое значение имеют подземные воды, среди которых выделяются: *надмерзлотные* – циркулируют в пределах СТС; *межмерзлотные*; *подмерзлотные*.

С надмерзлотными водами связаны главные рельефообразующие процессы:

**1. Локальное таяние** приводит к формированию и развитию *таликов* – талых зон и толщ талых пород, которые залегают ниже слоя сезонного промерзания и не замерзают в течение года и более. По отношению к толще многолетнемерзлых пород талики могут быть: *сквозными* – пронизывают всю толщу и ограничены ею только по бокам; *несквозными* – лежат на ней; *межмерзлотными* – приурочены к линзам, карманам и каналам, ограниченными сверху и снизу толщами; *внутримерзлотными* – линзы.

С развитием и отмиранием таликов связано возникновение *бугров пучения, наледных бугров западин*.

**2. Процессы морозного трещинообразования** связаны с формированием, развитием и заполнением *морозобойных* трещин. Если лед не тает за летний сезон, то сохраняется элементарная *ледяная жила*, которая подвергается растрескиванию в условиях растяжения. Под воздействием чередующегося таяния и замерзания происходит расширение и углубление морозобойных трещин и разрастание ледяных жил. Глубина морозобойных трещин – от первых см до первых м, может достигать 2-4 м ниже СТС.

Разрастание морозобойных трещин приводит к образованию *полигонально-жилых форм*. По времени образования они могут быть эпигенетическими и сингенетическими по отношению к вмещающим породам.

**3. Процессы пучения** – увеличение объема мерзлых толщ – сочетаются с морозной сортировкой и трещинообразованием, особенно в глинистых и супесчаносуглинистых толщах в пределах СТС. Для равнин наиболее характерно образование бугристых форм.



Локальное таяние, вымораживание и пучение, развитие морозобойных трещин приводит к образованию криогенного рельефа. Влияние этих процессов может быть комплексным, а формы - полигенными.

### **Криогенный рельеф платформенных равнин.**

**Полигональные формы** – формы, обусловленные парагенезом процессов морозобойного растрескивания, вымораживания и пучения, протекающих на фоне общей морозной денудации. Как правило, приурочены к горизонтальным поверхностям. В периоды промерзания СТС и понижения отрицательных температур в верхней подзоне многолетнемерзлых пород, криогенные толщи подвергаются большим напряжениям, которые вызывают деформации растяжения, разрешающиеся разрывами – возникновением новых и развитием старых морозобойных трещин. Полигонально-жильные структуры подразделяются на *первичные*, развивающиеся впервые из морозобойных трещин, и *вторичные*, формирующиеся после таяния льдов в первичных структурах.

Полигональный рельеф, свойственен областям сплошного подземного оледенения. Наряду с трещинами, заполненными льдами и льдистыми породами, встречаются земляные жилы и дайки – реликты ледяных жил, в которых лед замещен осадками, выпавшими их талых вод и обрушившимися со стенок трещин.

*Морозобойные полигоны* образуют системы трещинных морозобойных полигонов. Они представляют блоки в приповерхностной толще, разделенные трещинами с повторно-жильными льдами. Правильность очертаний полигонов зависит от однородности пород, а также от наличия ориентирующей вертикальной поверхности. В однородных песчано-глинистых отложениях речных долин часто формируются правильные *тетрагоны*, очертания которых подчиняются ориентирующим поверхностям. В однородных породах без ориентирующих поверхностей преобладают *гексагональные* формы.

Размеры морозобойных полигонов варьируют от 80-40 м до 1,5-0,2 м, чаще встречаются полигоны с поперечником от 6-8 до 20-30 м.

Расширение морозобойных трещин может вызвать уплотнение и выжимание грунта с образованием валиков над ледяными клиньями высотой до десятков см. В результате между морозобойными трещинами возникают компенсационные понижения. Так, по-видимому, возникает рельеф *выликовых вогнутых полигонов*. Эти формы мезо- и микрорельефа развиваются в пластичных отложениях и не характерны для грубозернистых разностей. В процессе денудации валики могут разрушаться.

*Мелкополигональные формы (пятна-медальоны, каменные кольца, многоугольники)*. В их образовании ведущее значение имеет парагенез процессов морозной сортировки, пучения и полигонального растрескивания. При проникновении жил льда в слой многолетнемерзлых пород, СТС распадается на ряд закрытых систем. Расширению ледяных жил и ореола мерзлых пород создают в них напряжения, способствующие выдавливанию и вытеканию пластичного материала, слагающего талую часть СТС.

В зависимости от механического состава и однородности пород варьируют детали строения мелкополигональных форм. *Пятна-медальоны* в супесчано-суглинистых разностях. В щебенисто-суглинистых толщах, благодаря морозной сортировке формируются пятна-медальоны с бордюром из щебня, *каменные кольца* и *каменные венки*. Мелкие полигональные формы возникают и при небольших размерах ледяных жил, когда закрытые системы не образуются. Полигоны морозного растрескивания могут развиваться и вне областей подземного оледенения.

**Бугристый рельеф** связан с процессами пучения. По условиям формирования выделяют *миграционные бугры, булгуны, гидролакколиты* и полигенные формы.

*Миграционные бугры* встречаются в районах вблизи южной границы подземного оледенения. Они связаны с возникновением локальных участков мерзлых пород в пределах СТС. Часто формируются на низменных равнинах, на дне долин на участках развития торфяников и мхов. Общее похолодание может вызвать здесь *локальное* образование мно-

голетнемерзлых пород. Формирование льда и пучение замерзающих пород в нижней части СТС приводит к образованию бугров, называемых *бугры-торфяники*, *земляные бугры*, *бугры-«могильники»* и т.п. Высота миграционных бугров 2-3, реже 4-8 м; ширина в основании – несколько десятков, реже первые сотни м.

*Бугры-булгунняхы*, или *тинго*, образуются в условиях закрытых систем. Такие системы представляют подозерные *талики*, окруженные многолетнемерзлыми породами. Сокращение талика происходит при его промерзании, обычно связанным с усыханием водоема. Сокращение объема вызывает криогенный напор грунтовых вол, под воздействием которого в ослабленном участке породы начинают изгибаться, образуя бугор пучения – булгунняхы. Породы испытывают растрескивание по системе радиальных и концентрических трещин, по которым может обнажаться ледяное ядро. Размеры булгунняхов могут достигать высоты 30-60 м и ширины по основанию 100-200 м.

*Гидролакколиты* – инъекционные бугры пучения; связаны с внедрением напорных подземных вод в мерзлые породы и их разгрузкой в пределах СТС и на поверхности. Напорные воды выходят на поверхность на участках разрывов растяжения. При этом в результате давления на кровлю из наледного льда в пределах наледи возникает изогнутый участок – *наледный бугор* с системой радиальных трещин, через которые прорываются напорные воды.

Если напорные подмерзлотные воды внедряются по контакту многолетнемерзлых пород и СТС, то они могут образовывать подземные наледи типа *гидролакколитов*.

Промерзание и сужение водопроводящих каналов в подрусловых и подозерных (гидрогенных) таликах вызывает рост гидростатического давления воды на сопредельные промерзшие толщи и их деформацию. Многократный прорыв пород кровли подземными водами, их растекание и замерзание приводят к формированию плоско-выпуклых наледей.

**Термокарстовые формы рельефа.** *Термокарст* - явление вытаивания льда из льдистых пород, толщ и линз чистого подземного льда. Необходимое условие для процесса - наличие подземных льдов в пределах СТС. Термокарст часто сопровождается *суффозией*. Термокарст широко распространен у южной границы геокриозоны, где протаиванию подвергаются все виды подземного льда. В результате таяния подземных льдов образуются *термокарстовые озера*, *аласы* и *байджерахи*.

*Термокарстовые озера* различны по площади, глубина - от первых м до 20 м. Образуются при высокой льдистости толщ, прогрессирующей мощности СТС, отсутствии дренажа на плоских низких водоразделах и обширных низменных равнинах.

*Аласы* – замкнутые овальные или округлые понижения, часто являющиеся реликтами озерного рельефа - образуются после усыхания озер или их дренирования развивающейся гидросетью. Аласовые котловины могут формироваться при вытаивании жильных льдов, льдистых толщ и линз чистого льда. В пределах алас часто вырастают бугры пучения типа *булгунняхов*. Сочетание большого количества бугров пучения и алас создает криогенный западинно-бугристый рельеф. На склонах возвышенностей, обрамляющих аласы, иногда возвышаются *байджерахи* – останцы, сохранившиеся после вытаивания жильных льдов. При протаивании подземных льдов на равнинах со слабым дренажем или без него образуются мелкие озера (0,5-5 м) угловатых очертаний, которые после усыхания превращаются в неглубокие аласовые западины со следами полигональных форм на дне.

#### **Криогенный рельеф орогенных областей и высоких платформенных равнин.**

В расчлененном рельефе разновысотных гор распространен *гольцовый* рельеф – рельеф обнаженных склонов, подвергающихся процессам физического (особенно морозного) выветривания и активной склоновой денудации. *Дессерпция* и *солифлюкция* протекают на фоне морозной денудации; гравитационный фактор – основной источник энергии движения коллювия вниз по склону. Совместное действие криогенных процессов приводит к образованию на склонах натечных и натечно-структурных форм.

*Натечные формы* – грязевые потоки, возникающие при периодическом таянии коллювия преимущественно тонкого состава. На пологих склонах образуются валы, языки, натеки, оплывины, борозды и гряды различных размеров и очертаний.

*Натечные валы* часто возникают на участках с обратным наклоном склона: перед выходом устойчивых пород, древних морен и др. препятствий на пути течения солифлюкционного потока.

*Натечные языки* образуются при движении грязевых или грязекаменных потоков по первичным ложбинам в рельефе или при наличии участков интенсивного таяния, например, связанных с выходом незамерзающих источников грунтовых вод.

*Солифлюкционные террасы* формируются на склонах с чередованием крутых и относительно пологих участков. На последних накапливается солифлюкционный материал, образуя солифлюкционные террасы.

*Нагорные террасы* относятся к структурным формам. В областях горного оледенения рассматриваются как реликтовые формы рельефа древнего оледенения, возникшие в условиях селективной моделировки склонов ледниковыми покровами. Во внеледниковых областях их образование связывают со скульптурными особенностями строения склонов, выявляющихся при селективном морозном выветривании. По С.Г.Бочу и И.И.Краснову, на Среднем и Северном Урале нагорные террасы возникают на склонах любой экспозиции и часто секут породы различной устойчивости. Подчеркивается их приуроченность к периферическим районам последнего оледенения и к специфическим условиям денудации. Образование нагорных террас объясняется регрессивным разрушением склона в условиях морозного выветривания и суффозионно-солифлюкционных процессов интенсивного выноса мелкозема. Нагорные террасы генетически связаны с условиями вечной мерзлоты и морозного выветривания и возникают совместно с комплексом солифлюкционных натечных и термокарстовых форм.

*Формы, промежуточные и переходные к гравитационным.* На склонах с развитием вечной мерзлоты распространены потоки обломочного материала, в плане напоминающие движение рек и ручьев. На относительно пологих склонах (до  $10^\circ$ , чаще  $5-7^\circ$ ) возникают каменные или земляные «потоки», «реки» или «ручьи».

## ЧАСТЬ II. ОСНОВЫ ЧЕТВЕРТИЧНОЙ ГЕОЛОГИИ.

### Введение.

Четвертичная (антропогеновая) система существенно отличается от остальных систем фанерозоя и ее изучение выделилось в отдельную научную дисциплину – четвертичную геологию. Ее обособление обусловлено своеобразием используемых методических приемов исследования и спецификой комплекса разрабатываемых проблем.

Четвертичный период – последний и относительно краткий (1,65 млн.лет) отрезок геологической истории, на протяжении которого рельеф Земли, площади и очертания ее морей и суши практически не отличались от современных. Морские отложения преобладают в составе четвертичной системы. Однако их изучение связано с большими трудностями. Поэтому основным объектом четвертичной геологии остаются отложения, развитые в пределах суши, где господствуют континентальные отложения.

Континентальные четвертичные отложения распространены на поверхности суши практически повсеместно, образуя сплошной сомкнутый покров или локализуясь преимущественно в депрессиях рельефа. Обычно они слагают разобщенные тела, находящиеся в сложных взаимоотношениях прислонения и латеральных переходов, чаще всего располагаясь на разновысотных уровнях. Поэтому их генезис, обстановку образования и возрастные различия невозможно понять без анализа истории развития рельефа. Поэтому первостепенное значение приобретают геоморфологические исследования как предпосылки литогенетических и стратиграфических построений.

Большая пестрота литологического состава и сложное строение покрова четвертичных континентальных отложений сильно осложняют фациальный анализ, без применения которого трудно или невозможно решить генетические и стратиграфические задачи. Этот анализ успешно осуществляется только на базе учения о генетических типах континентальных отложений.

### ТЕМА 1. Генетические типы континентальных отложений.

*Под генетическими типами понимаются комплексы осадочных образований, образующих тесные парагенезы, причинно обусловленные деятельностью определенного ведущего фактора аккумуляции.*

Каждому генетическому типу свойственны особая форма залегания составляющих его отложений, их пространственная и генетическая связь с определенными формами и элементами рельефа, а также стадиями их развития и специфическими закономерностями латеральной и вертикальной фациально-литологической изменчивости.

Только выделение генетических типов позволяет разработать надежную методику расчленения и корреляции разрезов этих отложений и их картирования.

Все континентальные четвертичные отложения подразделяются на два класса: кор выветривания и осадочных отложений. Класс кор выветривания включает элювиальный ряд; класс осадочных отложений – пять рядов: субаэрально-фитогенный, склоновый, водный, ледниковый и ветровой. Отложения подземно-водного ряда, включающего осадочные отложения пещер и источников, играют незначительную роль в общем четвертичном покрове суши.

#### Элювиальный ряд.

Этот ряд выделяется в особый класс кор выветривания. Процесс формирования элювиальных образований связан с выветриванием различных горных пород под влиянием физических, химических и биогенных факторов. В пределах элювиального ряда выделяется две генетических группы: собственно элювий и почвы.

**Элювий** – топографически не смещенные продукты изменения коренных пород. Чаще всего - рыхлые образования, располагающиеся на материнских коренных породах, продуктами разрушения которых являются.

Литологический состав элювия и мощность кор выветривания определяют:

- климат;
- состав горных пород;
- рельеф поверхности;
- время (продолжительность процессов выветривания).

Наиболее мощные (80-100 м и более) коры выветривания на магматических и метаморфических породах известны в тропических и субтропических зонах, где сочетаются высокие температуры, значительная влажность, относительная выровненность рельефа и продолжительность времени формирования. В них четко выражена вертикальная зональность (снизу вверх): исходная порода – дезинтегрированная дресвянистая зона (обломки горных пород и минералов) – глинистая (гидрослюдисто-монтмориллонитово-бейделлитовая) – каолинистая – каолинито-гипситовая – зона гидроокислов Fe и Al.

Элювиальные образования являются одним из основных источников исходного материала, разносимого различными агентами денудации.

**Почвы** – особая генетическая группа элювиального ряда, представляющая собой поверхностную часть кор выветривания. Их развитие тесно связано с подстилающими материнскими образованиями (создают их минеральную основу) и со значительным взаимодействием с растительным покровом суши, вызывающим биолого-химический круговорот вещества. При этом важное значение имеет сложное сочетание химического разложения минеральной основы почв (образование почвенного элювия) и накопления перегноя, или гумуса.

Таким образом, почва является сложной геобиологической системой, существенно отличающейся от подпочвенной зоны.

Распространение почв, их состав зависят от биоклиматической обстановки, состава материнских пород, рельефа поверхности и положения уровня грунтовых вод. В.В. Докучаев на основе изучения распределения и различного сочетания указанных природных факторов выдвинул положение о широтной (или горизонтальной) зональности почв на равнинах и вертикальной в горных районах. По этой схеме намечена закономерная смена почвенного покрова по мере перехода от полярных широт к экваториальным.

Почвы подразделяются на две подгруппы:

**автоморфные (зональные)** – наиболее широко развиты и формируются в условиях, когда положение уровня грунтовых вод и высота их капиллярного поднятия располагается глубже нижней границы почвы. При этом происходит аэрация почв, вертикальное просачивание в них атмосферных осадков. В результате нисходящие водные растворы способствуют миграции части продуктов выветривания и почвообразования. Некоторые из них удаляются из почвы, остальные выносятся из ее верхней части, накапливаясь в нижней;

**гидроморфные (интразональные)** – приурочены в основном к различным понижениям. Главное значение в их формировании имеет высокое приповерхностное положение уровня подземных грунтовых вод и зон их капиллярного поднятия. Поэтому почва постоянно или большую часть времени насыщена водой, и вертикальное просачивание атмосферных осадков становится невозможным, затрудняется поступление кислорода, что вызывает восстановительные условия среды. Продукты выветривания не удаляются из почвы, а окисные соединения железа переходят в закисные.

К этому типу почв относятся *торфяно-глебовые (болотные) почвы* и *солончаки*.

#### **Субаэрально-фитогенный ряд.**

К отложениям субаэрально-фитогенного ряда относятся **автохтонные торфяники**, которые являются аккумулятивным образованием. Среди них выделяется два типа торфяников.

**Низинные торфяники** формируются в пониженных участках рельефа. Они широко распространены на месте озерных водоемов в результате их закономерного стадийного зарастания и превращения в болота. При этом происходит постепенная последова-

тельная смена торфообразующих растений, отражающаяся в названиях слоев торфа: камышовый, тростниковый, осоковый, осоково-гипновый, гипновый. Наблюдается как бы этапность процесса почвообразования:

1 - накопление живой органической массы вследствие ежегодного прироста растений (торфообразователей);

2 - накопление торфа в результате отмирания и неполного распада остатков исходных растений.

Низинные торфяники образуются также в пределах суходолов, в поймах рек. В этих условиях развиты лесные торфа, травяные и гипновые торфа.

**Верховые торфяники** образуются на водоразделах в большинстве случаев в зонах тайги и лесотундры. Условия их формирования часто связаны с наличием водоупорных подпочвенных горизонтов, что способствует значительному переувлажнению, местному застаиванию дождевых и снеговых осадков. Главными торфообразователями здесь являются сфагоновые мхи.

### **Склоновый (коллювиальный) ряд.**

#### **Гравитационная группа.**

##### **Коллювий обрушения.**

**Обвальные накопления** наиболее выражены в горных районах. Они играют подчиненную роль в комплексе склоновых отложений горных стран. Только у подножия крупных уступов с активно развивающимися разрывными нарушениями они развиты на значительной площади и имеют большую мощность.

Обвальные накопления состоят из различного смешанного несортированного материала – от крупнейших глыб до мелкого щебня и даже тонкого метериала.

**Осыпные накопления** образуются у подножия горных склонов в результате периодического скатывания разноразмерного материала, отделяющегося от скальных склонов вследствие физического выветривания.

Осыпи в рельефе образуют отдельные крутые конусы или сомкнутые более пологие шлейфы, уклоны которых близки к углу естественного откоса сыпучих тел. Мощность осыпных накоплений достигает 20-30 м и более.

В осыпях наблюдается отчетливая дифференциация материала: периферические части сложены более крупными обломками по сравнению с вершинными.

В пределах равнинных территорий осыпи встречаются редко и состоят преимущественно из маломощного песчано-глинистого материала, часто в смеси с другими типами склоновых отложений.

##### **Коллювий сползания.**

**Оползневые накопления (деляпсий)** – это смещенные массы горных пород, слагающих берега рек, озер, морей. Оползнеобразование происходит под влиянием комплекса факторов, одним из которых является крутизна склонов и состав слагающих их пород. Нарушению равновесия склонов может предшествовать подмыв берегов. Большую роль играет насыщение пород склона грунтовыми и поверхностными водами.

Среди оползней по форме проявления и строению выделяются блоковые и поточные.

**Блоковые оползни** образуются в результате соскальзывания крупных блоков пород склона, в которых в разной степени сохраняется внутреннее строение. В зависимости от положения плоскости скольжения оползни разделяются на деляпсивные и детрузивные.

**Поточные оползни** – это насыщенные водой разрыхленные массы преимущественно глинистого состава, в полужидком состоянии перемещающиеся вниз по склону по законам пластического или вязкого течения.

**Солифлюкционные накопления (дефлюксий, солифлюксий)** образуются в результате медленного вязкопластического течения рыхлых сильно переувлажненных дисперсных отложений на склонах крутизной 3-10°. Наиболее широко развиты в зоне распро-

странения многолетнемерзлых горных пород. При сезонном протаивании льдонасыщенных дисперсных грунтов, они сильно переувлажняются, утрачивают структурные связи, переходят в вязкопластическое состояние и медленно (несколько см/год) перемещаются вниз по склону. Быстрая солифлюкция (связана с увеличением глубины сезонно-талого слоя и повышением влажности) развита локально на участках достаточно крутых склонов (не менее 10-15°), сложенных супесями и суглинками. В результате периодического перемещения переувлажненных отложений образуются различные формы рельефа: отдельные языки, валы, солифлюкционные террасы.

Солифлюкция активно протекает во влажном экваториальном или тропическом климате, где широко развит элювиальный глинистый покров. В дождливые периоды глинистая часть элювия значительно переувлажняется, что вызывает вязкопластическое течение переувлажненной массы.

Особый вид солифлюкционных образований - *курумы* – древесно-глыбово-щепнистые накопления на склонах различной крутизны (от 3-5 до 40-45°), сложенных скальными породами. Образование обломочного материала курумов связано с морозным выветриванием скальных пород, выпучиванием камней из мелкозема и суффозией. Размеры, форма и расположение курумов на местности весьма различны.

В курумах выделяется три основных пояса, закономерно сменяющих друг друга:

- пояс грубообломочного материала, образующегося в результате разрушения скальных пород под действием морозного выветривания, выпучивания (вымораживания) камней из мелкоземистого материала и суффозии;
- пояс подвижных каменных потоков по склонам, днищам пологих ложбин, где происходит активное движение;
- пояс аккумуляции – движение затихает или полностью прекращается, образуются конусы выноса, валы, курумные шлейфы, нагорные террасы.

Движение курумов связывают с гольцовым льдом, который образуется весной в результате проникновения талых вод в основание грубообломочного материала и их замерзания. Этому сопутствует сильное переувлажнение тонкодисперсного материала, подстилающего курумы, что может вызвать вязкое течение всей массы покрывающего грубообломочного материала.

#### **Делювиальная группа**

##### **Коллювий смывания.**

*Делювий* – отложения, образующиеся на склонах в результате плоскостного стока вод, возникающего периодически при выпадении атмосферных осадков и таянии снега. Плоскостной сток происходит в виде тонкой пелены или густой сети струек, которые переносят материал (в основном супесчано-суглинистый) вниз по склону. У подошвы склона течение воды замедляется и материал начинает откладываться непосредственно у подножия и в прилегающей части склона. Делювиальные отложения образуют полого наклоненные вогнутые шлейфы. Наибольшая мощность отложений (5-10 м и более) наблюдается у основания склона, постепенно уменьшаясь вверх по склону и вниз, в сторону днища долины.

Наиболее благоприятные условия формирования делювия создаются в равнинных степных районах умеренного пояса и саванн, где растительный покров отсутствует или значительно разрежен. Делювиальные отложения здесь сложены, главным образом, суглинистыми и глинистыми разностями, местами встречается песчаный материал. Иногда в составе делювия встречаются горизонты почв.

В горных странах формируются смешанные коллювиально-делювиальные образования.

#### **Водный (аквальный) ряд.**

В этот ряд входят две группы отложений: русловых водных потоков (флювиальная) и озерная (лимническая).

### **Флювиальная группа.**

Отложения группы широко развиты в пределах равнин и в горных районах. Их формирование связано с деятельностью русловых постоянных речных и временных потоков. Выделяется два родственных генетических типа отложений – аллювий и пролювий.

**Аллювий** слагает русла, поймы и надпойменные террасы разных уровней.

В начальные этапы развития речных долин нарушается их прямолинейность вследствие особенностей динамики движения воды. Возникают меандры, в пределах которых вогнутый берег испытывает подмыв, а на выпуклый берег выносятся и отлагаются в виде *русловой отмели* различный материал. Дальнейшее миграционное направленное развитие русла увеличивает размеры русловых отмелей, при этом более молодые отложения прислоняются к более древним и в целом происходит расширение долины. Отложения, образуемые непосредственно водами русла называют *русловым* аллювием.

Русловой аллювий представлен хорошо промытыми косослоистыми песками различной зернистости, иногда с гравием; в основании обычно залегают более грубые отложения – *базальный горизонт размыва*.

Над русловым аллювием залегают отложения *пойменного* аллювия, которые накапливаются в половодья. Полые воды, имея небольшую скорость, переносят преимущественно тонкие взвешенные частицы. Пойменный аллювий имеет относительно небольшую мощность, представлен супесями и суглинками с незначительными прослоями глинистого песка, а местами – с тонкими прослоями слабообразованных почв.

В пределах поймы местами развит *старичный* аллювий, заполняющий отшнурованные от основного русла реки излучины, превращенные в озеровидные водоемы. В таких водоемах – *старицах*, отложения представлены супесями, суглинками и глинами, богатыми органическим веществом, вверх по разрезу часто сменяющиеся торфом. Линзы старичного аллювия местами перекрыты отложениями пойменной фации.

Все описанные фации наиболее полно развиты в аллювии равнинных рек. Суммарная мощность современного аллювия крупных рек – около 20-30 м, что примерно соответствует разнице высот наиболее глубоких участков русла (плесов) и высоких паводков.

Для аллювия субарктической зоны характерна большая льдистость. Лед содержится в виде цемента, многочисленных субгоризонтальных прослоев, отдельных линз и мощных повторно-жильных льдов, образующих густую полигональную сеть. При протавивании льда в рельефе образуются крупные термокарстовые депрессии с остаточными отложениями небольшой мощности.

Аллювиальные отложения горных стран существенно отличаются от аллювия равнинных рек. В долинах отлагается преимущественно крупнообломочный материал (гравийно-галечный с валунами). Эта русловая фация почти полностью слагает пойму. Осадки пойменной и старичной фаций отсутствуют или развиты слабо в пределах впадин. Мощность горного аллювия местами достигает 40-50 м.

**Пролювий** – отложения, образующиеся путем наземного устьевых выноса различного материала временными потоками и постоянными реками, особенно широко развитые у подножия гор в условиях аридного климата. Они слагают мощные конусы выноса и подгорные волнистые шлейфы, образующиеся от их слияния.

Состав пролювиальных отложений меняется от вершины конуса к его периферии от гальки и валунов с песчано-глинистым заполнителем до тонких и отсортированных осадков (песчаных, супесчаных), нередко в краевой части – до лессовидных супесей и суглинков.

Наиболее крупные конусы – «*наземные дельты*» – образуются при выходе постоянных горных рек на равнину. В них выражена концентрическая зональность с выделением трех зон, которым соответствуют определенные фации:



- *вершинная* – отложения *русловой* фации, представленные крупновалунными галечниками, постепенно сменяющимися мелковалунными галечниками и песками;
- *средняя* – развита *вверная* фация, представленная преимущественно супесчано-суглинистым материалом;
- *периферическая (окраинная)* – здесь периодически возникают мелководные водоемы и развита *застойноводная* фация. Здесь накапливаются либо карбонатные или за-гипсованные суглинки и супеси, либо болотно-солончаковые образования.

В равнинных областях к пролювию относятся отложения, слагающие конусы выноса крупных оврагов и балок, сложенных различным по составу материалом – от суглинков с гравием и песком до гравийно-галечных отложений.

#### **Озерная (лимническая группа).**

***Озерные отложения (лимний).*** Осадконакопление в озерах зависит от климата, который определяет их гидрологический и гидрохимический режим. Выделяют три типа озерных осадков:

- 1 – терригенные - образующиеся за счет привноса обломочного материала;
- 2 – хемогенные – за счет осаждения растворенных в воде солей и коллоидов;
- 3 – органогенные – образующиеся за счет различных организмов.

#### **Ледниковый (гляциальный) ряд.**

В ледниковый ряд входят две парагенетически связанные группы отложений: собственно ледниковая и водно-ледниковая (флювиогляциальная).

#### **Группа собственно ледниковых отложений.**

***Основная (донная) морена*** по данным Ю.А.Лаврушина подразделяется на монолитную и чешуйчатую.

*Монолитная основная морена* образуется под покровом медленно движущегося ледника из материала, заключенного в придонных частях льда.

Основная морена представлена суглинками, местами глинами с гравием, галькой и валунами различной размерности. Валунуны, как правило, принесены издалека и несут следы ледниковой обработки. В основных моренах местами включены *отторженцы* - крупные массивы пород, перемещенные на дальние расстояния.

В целом основная морена отличается большой плотностью, отсутствием слоистости и изменчивой мощностью (от 5-10 до 15-20 м).

*Чешуйчатые основные морены* возникают в результате напора масс льда и образования внутренних сколов. При этом происходит перемещение донной морены по линии внутренних сколов. Образуются чешуйчато-надвиговые блоки и пластины, сложенные мореной. Местами они сложены затянутыми в морену сильно дислоцированными подледными коренными породами – *гляциодиапирами*. Все нарушения залегания коренных пород под действием ледника называются *гляциодислокациями*. Мощность чешуйчатых морен достигает местами многих десятков метров.

***Абляционные морены*** обычно связаны с периферическими зонами ледников при их деградации. В этих условиях имеющийся внутри ледника или на его поверхности материал подвергается влиянию движущихся ледниковых вод, выносящих мелкозем. При полном таянии ледника остающийся песчаный и грубообломочный материал в виде относительно тонкого слоя накладывается на основную морену.

***Кревые (конечные) морены*** образуются при длительном стационарном положении края ледника. В краевой части ледника происходит сгруживание приносимого обломочного материала – образуется *насыпная конечная морена*. В ряде случаев развита *напорная конечная морена*, образующаяся под напором продвигающегося ледника на образовавшиеся при стационарном положении отложения и на породы подледного ложа.

В формировании краевых морен существенную роль играют водно-ледниковые процессы и отложения. Сложность процессов формирования конечных морен проявляется в значительной неоднородности их состава и строения. Это особенно свойственно напор-

ным моренам, в которых можно наблюдать сложное чередование нарушенных морен, водно-ледниковых отложений и подледных коренных пород.

Краевые морены выражены в рельефе в виде изогнутых в плане вало- или грядообразных возвышенностей, повторяющих форму края ледникового потока. Мощность краевых морен достигает многих десятков метров, иногда – 100 м и более.

#### **Группа водноледниковых отложений.**

##### **Ледниково-речная (флювиогляциальная) подгруппа.**

Флювиогляциальные отложения сформированы осадками турбулентных потоков талых ледниковых вод. Они подразделяются на два генетических типа.

**Внутриледниковые (интрагляциальные) отложения** полностью подчинены собственно ледниковым образованиям, составляя с ними нераздельное единство. Потоки талых вод, двигаясь часто под напором в трещинах и каналах внутри толщи льда или у его основания, то врезаются в ложе ледника, образуя слепые глубокие рытвины подледного стока, то отлагают между ледяными берегами свои осадки, образующие после таяния ледника озы, камы и камовые террасы.

**Приледниковые (перигляциальные) отложения** отлагают перед фронтом ледника задровые конуса выноса, задровые поля или выполняют приледниковые ложбины стока. Это отложения русловых потоков, течение которых подчинено тем же законам, что и течение обычных рек и ручьев, но которые питаются талыми водами ледника. Поэтому нет четких критериев разделения перигляциальных и собственно речных отложений.

Они более определены для областей равнинных материковых оледенений. Талые воды могли вытекать из-под края ледника как в понижениях рельефа, так и на водораздельных пространствах, в пределах которых и возникали обширные разливы, образовавшие покровы задровых песков. Такие покровы неотделимы от ледника.

Выделение перигляциальных отложений как особого генетического типа в горных странах мало обоснованно, т.к. сток здесь всегда происходит по дну долины, независимо от источника питания руслового потока.

##### **Озерно-ледниковые (лимногляциальные) отложения.**

В основном эти отложения понимаются как отложения приледниковых озер.

**Озерно-ледниковые отложения.** В районах равнинных материковых оледенений озера возникали благодаря подпруживанию рек ледником. В таких озерах вблизи края ледника часто накапливались песчаные осадки, литологически не отличавшиеся от озерных. Однако, в их пределах наиболее распространены *осадки ленточного типа* – ленточные пески, алевриты и особенно глины. Для них характерна резко выраженная сезонная слоистость – монотонное повторение годовых лент осадков, состоящих из более мощного летнего слоя тонкопесчаного, алевритового или алевро-глинистого состава и маломощного зимнего глинистого слоя.

##### **Эоловый ряд континентальных отложений.**

Эоловые отложения в современную эпоху образуются в пустынях и по их ближайшей периферии. В более ранние отрезки четвертичного периода они формировались в примыкавшей к материковым оледенениям перигляциальной зоне.

Группу эоловых отложений можно разделить на два генетических типа – эоловые пески и эоловые лессы.

**Эоловые пески.** В областях распространения четвертичных материковых оледенений и примыкавшей к ним перигляциальной зоне широко распространены древние, ныне неподвижные и поросшие лесом материковые дюны, покрывающие большие площади на поверхности прежних задровых полей, древнеаллювиальных речных террас и песчаных равнин (типа Припятского Полесья и Мещеры).

**Эоловые лессы** покрывают громадные пространства во всех областях, но главным образом во внеледниковых. Их плащеобразное залегание, характерный состав, лишенный грубых обломочных разностей, большая пористость, отсутствие слоистости водных осад-

ков и некоторые другие особенности привели большинство исследователей к признанию их эолового генезиса.

Важной особенностью строения лессовых толщ является наличие в них горизонтов *погребенных почв*. Анализ заключенных в лессах пыльцы, фауны моллюсков, остатков более крупной фауны, свидетельствует об их образовании в условиях холодного ледникового климата, погребенные почвы несут все признаки формирования в более теплых условиях.

## **ТЕМА 2. Четвертичный период. Особенности четвертичного периода.**

### **Стратиграфические подразделения четвертичной системы.**

#### **Особенности четвертичного периода и его отложений.**

1. Малая продолжительность четвертичного периода. Четвертичная система соответствует части обычного стратиграфического яруса или зоны. Малая продолжительность периода требует особых принципов и методов для его стратиграфического расчленения.

2. Крайняя геологическая молодость отложений проявляется в ряде особенностей:

**а** – *повсеместность распространения;*

**б** – решительно преобладают *рыхлые отложения;*

**в** – господствуют *недислоцированные отложения;*

**г** – характерна *малая мощность отложений.*

3. Полное господство континентальных отложений в составе покрова четвертичных отложений суши.

Важнейшие особенности четвертичных отложений обусловлены их тесной связью с рельефом и с процессами его формирования - для них характерны сильная фациальная изменчивость, литологическая пестрота в плане, залегание в виде сложных линзовидных тел. Осадконакопление происходит в многочисленных обособленных впадинах, в понижениях рельефа и на их склонах при очень большом разнообразии экзогенных процессов.

Характерна повторяемость в разрезе однообразных литогенетических комплексов, обусловленная неоднократным повторением сходных условий осадконакопления.

Постоянно проявляется сложное сочетание процессов аккумуляции и денудации. Типично разновысотное положение разновозрастных отложений и равновысотное положение разновозрастных отложений.

Обычно почти полное отсутствие остатков организмов

4. **Колебания климата и оледенения.** Важнейшая особенность антропогена - глобальные колебания климата. Колебания климата выражались в неоднократной смене холодных и теплых эпох разной продолжительности и интенсивности. В средних и высоких широтах сильным и длительным похолоданиям соответствовали *ледниковья (гляциалы)*, длительным потеплениям – *межледниковья (интергляциалы)*. В аридной зоне и субтропиках чередовались эпохи увлажнения – *плювиалы* и иссушения – *ариды*.

Оледенения вызывали крупные *эвстатические* колебания уровня океана и изменяли его температурный режим.

#### **5. Развитие человека.**

##### **Принципы стратиграфии четвертичных отложений.**

В основе стратиграфии антропогена лежат *палеоклиматический* и *биостратиграфический* принципы.

Главнейшее значение для расчленения четвертичного периода приобретает свойственная ему *климатическая периодичность*. Многократные крупные колебания климата Земли дают достаточную дробность деления четвертичных отложений и обеспечивают, благодаря глобальности климатических эпох, возможность широкой корреляции климато-стратиграфических подразделений.

Это выводит на первое место *климато-стратиграфическую методику* расчленения отложений, опирающуюся на смену в разрезе ледниковых и межледниковых отложе-

ний, холодо- и теплолюбивых видов ископаемой флоры и фауны, на ход и проявление процессов рельефообразования. Многократные крупные колебания климата Земли дают достаточную дробность деления четвертичных отложений и обеспечивают, благодаря глобальности климатических эпох, возможность широкой корреляции климатостратиграфических подразделений.

Основой методики является палеоклиматическая интерпретация палеонтологических и литологических особенностей напластований, последовательно сменяющихся в разрезе. Важное значение часто имеет геоморфологический анализ.

Палеонтологический материал исследуется с палеоэкологической стороны – как показатель климатических условий обитания организмов.

В морских прибрежных отложениях существенные данные дают смены биоценозов донной фауны моллюсков, связанные с крупными смещениями зон обитания. Для глубоководных отложений отчетливо выявляются смены в разрезах тепло- и холоднолюбивых фораминифер. В связи с наличием непрерывных разрезов четвертичных отложений возможно получение наиболее полных эталонов климатостратиграфической шкалы. Вспомогательным средством является определение палеотемператур с помощью изотопного метода по соотношениям изотопов кислорода  $^{16}\text{O}$  и  $^{18}\text{O}$  в карбонате раковин фораминифер.

Для отложений суши важнейшее значение имеет палеофлористический анализ, основанный, главным образом, на палинологическом и карпологическом методах, т.к. растительность очень чутко реагирует на изменения климата – это позволяет проследивать общий процесс потеплений и похолоданий, а также выявить климатические *оптимумы* (эпизоды особо благоприятного климата, максимального потепления или увлажнения).

Изучение растительности позволяет выявить смещения растительных (палеофитоценологических) зон в связи с изменениями климата.

Важное значение имеет выявление и анализ генетических типов отложений, при диагностике которых важнейшее значение имеют геоморфологические методы.

Положение *биостратиграфического принципа* в стратиграфии антропогена значительно сложнее.

Особенности применения палеонтологического метода связаны с господством на суше континентальных отложений. Подразделение антропогена строится на разрезах континентальных, а не морских отложений, как это делается для всех других систем.

Для подразделения четвертичного периода эволюция морских организмов протекала слишком медленно. Для его расчленения имеет значение только ископаемая фауна наземных млекопитающих, некоторые семейства которых эволюционировали быстрее. Подразделение антропогена основано на разработанном В.И.Громовым методе выявления *руководящих фаунистических комплексов*.

В условиях суши чрезвычайно затрудняется широкое распространение эволюционирующих видов. Препятствия к расселению видов и климатические различия ведут к возникновению устойчивых различий фауны разных зоогеографических областей. Периодическое возобновление связей между континентами приводило к осложнениям в ходе расселения животных. Значительно резче проявляется изолирующее влияние климата, физико-географической обстановки. Отрицательную роль играет крайне малое количество остатков ископаемых. Все это ограничивает возможности палеонтологического метода.

Однако, биостратиграфический принцип сохраняет свое значение, основанное на необратимости развития органического мира и возможности межрегиональной корреляции. Развитие материальной культуры человека позволяет дополнить его использованием *археологических данных*.

Вспомогательное значение имеет *тектонический принцип*, основанный на тесной связи между образованием континентальных отложений с развитием рельефа и с колебательными движениями земной коры. Он находит выражение в геоморфологическом и

ритмостратиграфическом методах расчленения отложений и применяется в основном на начальных стадиях изучения в подвижных зонах.

Все большее значение приобретают *геохронометрические методы* определения абсолютного возраста. Радиологические и другие физические датировки, а также палеомагнетизм дают подтверждения стратиграфическим построениям, полученным другими методами, и служат надежным методом межрегиональной и глобальной корреляции отложений.

В связи с большой сложностью применения основных принципов расчленения, для получения единой геохронологической шкалы антропогена необходимо параллельное изучение литологических, палеонтологических и геохронометрических данных и взаимный контроль между ними. Лишь такой комплексный подход позволит разработать достоверную стратиграфическую схему квартера.

#### **Схема стратиграфии четвертичных отложений.**

В схеме стратиграфии квартера выделяются общая стратиграфическая шкала и местные или региональные схемы расчленения четвертичных отложений отдельных регионов.

**Общие стратиграфические подразделения четвертичной системы.** Общими называются стратиграфические подразделения, служащие всеобщими эталонами межрегиональной и глобальной корреляции и в совокупности составляющие общую стратиграфическую шкалу. Четвертичная система соответствует *зоне* общей стратиграфической шкалы кайнозоя, выделяемой по фауне фораминифер. Поэтому из общих подразделений биостратиграфического обоснования в ее составе выделяются только *подзоны*, которые служат для корреляции разрезов осадков океанического дна. В стратиграфии континентальных отложений используются дробные подразделения климатостратиграфического обоснования, или, наряду с ним, различающиеся и по фауне наземных млекопитающих (в провинциальном масштабе).

В Стратиграфическом Кодексе СССР выделяется пять основных единиц климатостратиграфических подразделений, подчиненных зоне общей шкалы:

1. *Раздел (этап)* – высшая по рангу единица подразделений четвертичной системы. Соответствует длительному (0,8-1 млн.лет) этапу истории изменения климата, слагающемуся из многочисленных климатических ритмов похолодания-потепления.

В четвертичной системе выделяется три раздела:

*эоплейстоцен* – в целом относительно теплый климатический этап;

*плейстоцен* – соответствует более холодному климатическому этапу;

*голоцен*.

2. *Звено (пора)* – климатостратиграфическая единица, подчиненная разделу.

Звено соответствует сложному ритму климатических изменений длительностью 200-300 тыс.лет. Оно слагается из серии ритмов более низкого порядка, которые группируются, образуя две части сложного ритма – в целом более теплую и более холодную.

3. *Ступень (климатолит, или климатема)* – климатостратиграфическая единица, подчиненная звену. Соответствует крупной фазе глобального похолодания (*криохрон*) или потепления (*термохрон*) климата, во время которой происходит коренная перестройка растительно-климатической зональности и изменение хода экзогенных процессов, по крайней мере в поясе средних широт. Палеонтологическая (главным образом палинологическая) характеристика ступеней ограничивается выявлением типичных экологических группировок организмов, используемых как показатели климатической обстановки.

Длительность отрезков времени, соответствующих ступеням плейстоцена, колеблются от 20 до 100 тыс.лет.

Ступени могут группироваться в *надступени* (дополнительные подразделения). Длительность соответствующих им отрезков времени – 80-150 тыс.лет.

Существует еще два более низких по рангу подразделения – *стадиал* и *уровень (наслой)*. Хронологический объем стадиала 5-10 тыс.лет, уровня – 1-5 тыс.лет.

**Региональные стратиграфические подразделения.** В стратиграфии четвертичной системы используются региональные подразделения биостратиграфического и климатостратиграфического обоснования.

Биостратиграфическое обоснование имеют *палинозоны* (выделяются по составу спорово-пыльцевых спектров) и *провинциальные зоны (лоны)* (выделяются по фауне наземных млекопитающих). Несмотря на большое значение таких подразделений, проведение границ на основе биостратиграфии, вследствие бедности отложений ископаемыми, возможно лишь в редких случаях.

Основой построения региональных стратиграфических схем являются региональные подразделения климатостратиграфического обоснования.

Основным региональным климатостратиграфическим подразделением является *климатостратиграфический горизонт* - комплекс отложений, образовавшийся за время одной крупной фазы похолодания (ледниковый горизонт) или потепления (межледниковый горизонт) климата (т.е. на тех же принципах, что и ступень). Если на значительной площади несколько климатостратиграфических горизонтов не могут быть прослежены раздельно, их объединяют в *климатостратиграфические надгоризонты*.

#### **Нижняя граница антропогена.**

Нижняя граница антропогена отвечает рубежу 1,65 млн.лет, т.е. располагается непосредственно выше палеомагнитного эпизода Олдувей.

Примерно этот же рубеж (1,8 млн.лет – начало эпизода Олдувей) отвечает подошве верхнего виллафранка (в СССР ему соответствует подошва апшеронского яруса в Каспийском бассейне).

В океане нижняя граница четвертичной системы отвечает подошве зоны *Globorotalia truncatulinoides*.

### **ТЕМА 3. Строение четвертичных отложений Русской равнины.**

Строение четвертичного покрова в разных областях существенно различно. Был выделен ряд регионов, границы которых, как правило, совпадают с контурами крупных структурных областей. Внутри регионов выделяются районы, в которых особенности строения четвертичной толщи обусловлены историей геологического развития каждого района.

Европейская часть России в структурном отношении представляет собой Восточно-Европейскую платформу. Она подразделяется на две области: северную – ледниковую и южную – внеледниковую.

#### **Ледниковая область.**

**Строение четвертичного покрова.** Оледенения оставили специфический рельеф и комплекс отложений - холмы и гряды, сложенные моренами и водно-ледниковыми отложениями, зандры, глубокие, большей частью ныне погребенные долины выпашивания.

В разрезах наблюдается чередование или наложение друг на друга ледниковых и межледниковых отложений. Большая часть разрезов неполная. Ледниковые и водно-ледниковые отложения сохранились лучше, чем межледниковые. Наибольшая мощность отложений (120-250 м) наблюдается в доледниковых понижениях, ложбинах ледникового выпашивания и в краевых зонах оледенений.

**Эоплейстоцен** (1670-800 тыс.лет). Отложения развиты незначительно, изучены плохо и отнесены к эоплейстоцену условно. Выполняют древние глубокие долины, погребенные под моренами и флювиогляциальными отложениями. В долинах пра-Волги, пра-Оки, пра-Москвы и притоках Дона залегают на глубине 100-150 м. Представлены аллювиальными песками мощностью 3-4 м, реже – лессовидными суглинками.

Климат имел устойчивый характер похолодания (по пыльце).

**Нижнее звено (нижний плейстоцен)** объединяет несколько горизонтов.

**Донской горизонт.** К нему предположительно относятся моренные образования СЗ России и Белоруссии; залегает в основании четвертичной толщи.

Более определенно развит в Прибалтике (назван **дзукийским**) – моренные и флювиогляциальные отложения.

**Беловежский горизонт** (около 600 тыс.лет) – межледниковый. Известен в Подмосковье, Прибалтике, Белоруссии, на Украине.

Это древний аллювий Волги, Дона, Оки, Немана, Днепра, Москвы и др. Мощность от 5-10 до 30-35 м. Кроме того – маломощные озерные супеси, пески, глины с торфом и растительными остатками.

Залегает во врезках в коренные породы, в настоящее время погребен.

В это время были широко распространены хвойные леса с примесью широколиственных; к югу сменялись лесостепями.

**Окский (березинский) горизонт** (542-440 тыс.лет) – моренные образования. Обычно находится в погребенном состоянии. Известен в долинах рек Москвы, Волги, Дона, Днепра, Мезени, Печоры, Вычегды, Камы и др.

Мощность морены на СВ Русской равнины изменяется от 1 м на возвышенностях до 40-45 м в погребенных долинах. В Белоруссии (березинский горизонт) - от 2-3-м до 50-60, иногда до 70-100 м

В бассейне р.Оки –тяжелые темно-серые или бурые суглинки с обломками местных известняков и кремней и кристаллических пород, принесенных из Фенноскандии и с Новой Земли.

В долине р.Дона – серовато-желтые, бурые суглинки с галькой и валунами кристаллических и осадочных пород мощностью около 20 м (ранее относились к днепровскому горизонту).

**Среднее звено (средний плейстоцен)** широко развито на Русской равнине. На севере – погребены, за пределами позднеплейстоценовых оледенений слагают основные формы рельефа.

**Лихвинский горизонт** (440-300 тыс.лет) – межледниковый. Известен севернее и западнее Московской области, в долинах Волги, Оки, Москвы.

Представлен озерными и аллювиальными отложениями.

В эталонном разрезе наблюдается следующее. В нижней части III террасы р.Оки высотой 40 м на размытой поверхности окской морены и беловежского аллювия залегают аллювиальные гравийные пески, озерные глины и лессовидные суглинки с погребенными почвами мощностью 15 м. Отложения содержат растительные остатки, микрофауну, диатомовые водоросли, моллюски, большое количество остатков рыб, кости млекопитающих среднеплейстоценового возраста (хазарский комплекс).

На побережьях Балтийского, Белого и Баренцева морей накопились морские глины и пески мощностью 5-70 м с фауной морских моллюсков и фораминиферами.

**Днепровский горизонт** (300-250 тыс.лет) представлен ледниковыми и флювиогляциальными отложениями, покрывающими сплошным чехлом нижележащие отложения. На поверхность отложения выходят южнее границы московского оледенения, где слагает водоразделы, обнажаются в долинах рек, вскрывается оврагами и балками.

Днепровское оледенение было одним из самых значительных на Русской равнине. Наболее далеко на юг ледник спускался по долине Днепра.

Морена представлена плотными валунными суглинками бурого, темно-коричневого цвета, иногда приобретает черный цвет от подстилающих юрских глин и меловых песков. Грубообломочный материал образован известняками, гнейсами, метаморфическими сланцами, кварцитами и гранитами. Во многих местах преобладают местные карбонатные породы. Мощность морены на водоразделах 10-20 м, в древних понижениях рельефа и в краевой зоне увеличивается до 25-30 м.

Поверхность морены размыта, сглажена, очень часто перекрыта лессовидными суглинками.

Флювиогляциальные отложения днепровского оледенения залегают под, внутри и на морене в виде отдельных песчано-гравийно-галечных линз. Они также выполняют более крупные ложбины стока, вложенные в морену или образуют плоские зандровые равнины, переходящие к югу в поверхности IV надпойменных террас Дона и Днепра. Мощность аллювия достигает 80 м.

В отдельных местах известны озерно-ледниковые ленточные глинистые отложения, залегающие на морене.

**Одинцовский (рославльский) горизонт** – межледниковый – включает аллювиальные, озерные и болотные отложения; на севере – морские осадки, образовавшиеся на неровной поверхности.

Отложения представлены песками, глинами, мергелями, торфом и гиттией, залегающими на днепровской морене. Мощность – от 0,5-1 до 40-50 м. Местами горизонт представлен погребенными почвами, развитыми на днепровской морене.

Отложения содержат остатки и пыльцу дуба, граба, вяза, липы.

**Московский горизонт** (140-150 тыс.лет) – ледниковый. Морена широко распространена и залегает плащеобразно, облекая водоразделы и заполняя древние долины. На востоке московский покров смыкается с тазовским покровом Западной Сибири.

Ледниковый покров состоял из отдельных потоков льда, двигавшихся по древним понижениям и речным долинам.

Морена в центральной части Русской равнины состоит из валунных суглинков красновато-бурого цвета. На СЗ морена серая и темно-серая в зависимости от цвета подстилающих коренных пород. Суглинки неслоистые, несортированные, известковистые, часто опесчаненные, с валунами разнообразного состава (граниты, кварциты, гнейсы, известняки, сланцы). По сравнению с днепровской мореной, московская содержит меньше кристаллических пород, валуны хуже окатаны, она менее карбонатная. Мощность 10-30 м, в отдельных понижениях рельефа и в краевой зоне увеличивается до 50-60 м.

В связи с неравномерностью отступления покрова, иногда выделяется два горизонта морены, разделенных маломощными флювиогляциальными песками. Край ледника долгое время находился на уровне Клина и Дмитрова, где сформировалась мощная (до 100 м) конечная стадияльная морена, образующая в рельефе Клинско-Дмитровскую гряду.

Флювиогляциальные отложения, связанные с оледенением, образовывались во время наступания и таяния ледников. Они представлены в основном слоистыми буровато-серыми или желтоватыми песками с гравием и галькой, часто деформированными.; местами материал валунно-галечный. Мощность отложений 5-10 м.

Флювиогляциальные отложения времени отступления ледника слагают поверхность третьей террасы и представлены песчаными, гравийно-песчаными и галечными отложениями горизонтально- и косослоистыми, хорошо сортированными, часто ожелезненными. Мощность отложений 8-10 м.

Южнее распространения морен московского оледенения развиты обширные зандровые равнины.

#### **Верхнее звено (верхний плейстоцен).**

**Микулинский горизонт** (межледниковый) включает аллювиальные, озерные, болотные и морские отложения, образовавшиеся после отступления ледников московского оледенения 120-110 тыс.лет назад.

В области развития позднеплейстоценовых оледенений отложения разделяют московскую и калининскую морены.

В стратотипическом разрезе горизонта озерно-болотные отложения представлены глинами, песками, гиттией мощностью 10 м. Они содержат пыльцу дуба, граба, лещины и др.



В ЮЗ части ледниковой области среди лессовидных суглинков, перекрывающих водоразделы, широко развиты микулинские погребенные почвы, относящиеся к лесному типу.

Вне зоны покровного оледенения микулинский горизонт чаще всего представлен аллювием, слагающим нижние части вторых надпойменных террас в речных долинах – это слоистые пески и супеси, часто с прослоями торфа, с гравием, мелкой галькой; мощность – первые метры.

**Валдайский надгоризонт.** Калининское (ранневалдайское - 50-60 тыс.лет) и осташковское (поздеввалдайское - 20 тыс. лет) оледенения часто рассматривают как единое валдайское оледенение. Оно было намного меньше московского. Выделялось несколько ледниковых потоков, двигавшихся по понижениям рельефа и речным долинам. Отступление ледника было неравномерным, в результате чего образовалось 6-7 крупных стадийных морен, выделяющихся в рельефе в виде высоких гряд.

Валдайский ледниковый рельеф имеет свежий облик. Множество моренных гряд, холмов, озв и камов развито на всей площади бывшего ледникового покрова. На Скандинавском щите располагалась область экзарации, где сохранилось множество бараньих лбов и впадин выпахивания.

Морены калининского и осташковского оледенений состоят из темно-серых и красно-бурых суглинков и глин, содержащих большое количество валунов и глыб, а также оттрженцев. Мощность морен обычно 10-15 м, в краевых грядах увеличивается до 40-45 м.

У концов краевых морен валдайского оледенения широко развиты зандровые равнины и озы, а также ледниково-озерные отложения, слагающие камы и ленточные глины.

Южнее границы распространения ледникового покрова отложения, образовавшиеся в ледниковую эпоху, представлены аллювием верхних частей I и II надпойменных террас, а также лессовидными суглинками, перекрывающими водоразделы и поверхности высоких террас.

**Средневалдайский (молого-шекснинский) горизонт** (50-23 тыс.лет) формировался между калининским и осташковским оледенениями.

В него входят аллювиальные, аллювиально-озерные и болотные отложения. Аллювиальные отложения развиты южнее осташковской морены, слагают нижние части первых надпойменных террас почти всех рек и содержат остатки теплолюбивых растений. Озерные и болотные осадки представлены преимущественно глинами и торфом мощностью 10-20 м.

К югу от границ осташковского оледенения формировались почвы, развитые на различных по генезису отложениях.

#### **Внеледниковая область.**

Внеледниковая область непосредственно примыкает к ледниковой; граница между ними проводится условно по южной границе распространения днепровского оледенения. На западе область примыкает к Карпатам, на востоке – к Уралу.

**Строение четвертичного покрова.** В пределах внеледниковой области развиты различные по генезису отложения, залегающие на неровной поверхности коренных пород.

Во внеледниковой области влияние ледников сказывалось на природе области и в строении ее четвертичного покрова. На площади, непосредственно примыкающей к покровам льда, устанавливаются *перигляциальные условия* с отрицательными среднегодовыми температурами, развитием многолетней мерзлоты, преобладанием антициклонального климата, эпизодическим выпадением осадков, разрозненным растительным покровом и холодолюбивой фауной. Развивались криогенные процессы. Во время оледенения ветры, дующие с ледниковых покровов, разведали морены, водно-ледниковые и др. отложения, выносили мысы пыли на юг, где они отлагались, образуя мощные толщи лессов.

Т.к. границы ледниковых покровов в каждом оледенении отступали на север, вместе с ними перемещалась и перигляциальная область.

#### **Эоплейстоценовые отложения.**

Аллювиальные отложения слагают высокие VII, VIII, IX террасы Днепра, Днестра и их притоков. Они представлены русловыми и пойменными осадками – песками, гравием, глинами и суглинками мощностью 10-20 м.

Эоплейстоценовые террасы к югу постепенно понижаются и погружаются под более молодые; аллювий террас замещается аллювиально-озерными, лиманными, а затем и морскими осадками.

Морские осадки широко распространены в Прикаспии (апшеронские слои), Приазовье и Причерноморье. Это глины с прослоями песков и алевроитов, с фауной солоноватоводных, а иногда и пресноводных моллюсков и микрофауной.

Среди отложений внеледниковой области выделяются покровные образования – скифские глины. Они широко распространены на междуречьях от Предуралья до Карпат, залегая плащеобразно на коренных породах и эоплейстоценовом аллювии и перекрываясь плейстоценовыми лессами. Глины пестроцветные (красновато-бурые, серые, зеленые), неслоистые, в них встречаются пески, много известковистых и Mn-Fe образований. В глинах прослеживаются 3-4 погребенных красно-бурых почвенных горизонтов, образованных в условиях переменного-влажного и жаркого климата.

**Плейстоценовые отложения.** Выделяются нижне-, средне- и верхнеплейстоценовые отложения. В каждом звене выделяются все горизонты. Как правило, каждый горизонт включает аллювиальные, озерные, болотные и эоловые отложения.

**Аллювиальные отложения.** На юге реки существовали как в межледниковые, так и в ледниковые эпохи, и в них формировался аллювий.

Аллювий слагает террасы, количество которых во всех долинах 5-6. На участках пересечения растущих поднятий появляются дополнительные локальные террасы.

В аллювии каждой террасы выделяется две свиты: нижняя, как правило более мощная (10-20 м), отлагалась в теплой климатической обстановке, отвечающей межледниковью; верхняя - менее мощная (5-6 м и менее) накапливалась в холодных условиях, соответствующих оледенению.

Разновозрастный аллювий крупных рек имеет пестрый фациальный состав. Среди основных горизонтально- и косослоистых галечно-гравийно-песчаных отложений русловой фации присутствуют глинистые, часто с торфом, осадки старичной фации и супесчано-суглинистые горизонтально- и волнисто-слоистые осадки пойменной фации. В основании почти всегда выделяется базальный горизонт.

Аллювий всех террас перекрывается субаэральными образованиями, причем чем древнее терраса, тем больше мощность покровных образований.

Вверх по течениям рек Днепра, Дона, Волги и их притоков «холодные» свиты аллювия средне- и позднеплейстоценового возраста переходят во зандровые пески краевых зон днепровского, московского и валдайского оледенений. Вниз по течению террасы снижаются, ниже- и среднеплейстоценовый аллювий перекрывается более молодыми отложениями и замещается аллювиально-озерными, лиманными и морскими осадками.

**Субаэральные отложения.** Сюда относятся лессы и лессовидные суглинки. Они имеют покровное залегание и эоловое происхождение.

Лессы залегают на водоразделах и поверхностях террас, образуя покровные толщи мощностью в несколько десятков метров. Горизонты лессов чередуются с горизонтами погребенных почв (границы почв и лессов не нарушены и не несут следов размыва).

Лессы образовались в эпохи оледенений.

Образование почв происходило в межледниковые эпохи, когда прекращался интенсивный вынос пыли. Их мощность 0,5-2 м. Среди них встречаются различные зональ-

ные типы, в зависимости от климата и ландшафта, существовавших в данном районе. Особенно хорошо развиты почвы, образовавшиеся в микулинское межледниковье.

На расчленении лессов с горизонтами погребенных почв и их корреляции с оледенением строится стратиграфия четвертичных отложений южных районов.

**Морские осадки.** На побережьях Черного и Каспийского морей развиты разновозрастные морские осадки, находящиеся на различной высоте. Они указывают на эвстатические колебания уровня морей на протяжении четвертичного периода.

#### **Голоценовые отложения ледниковой и внеледниковой областей.**

Начало голоцена датируется 10-12 тыс. лет и является важным рубежом в истории Земли: закончилось последнее оледенение; исчезли перигляциальные ландшафты; расширились лесные зоны; мамонтовый комплекс млекопитающих сменился комплексом фауны современного типа; в первобытном обществе поздний палеолит сменился мезолитом и затем неолитом.

Голоценовые отложения широко развиты на всей территории ледниковой и внеледниковой области и представлены аллювиальными, озерными, болотными, элювиальными, склоновыми и морскими осадками. Формирование осадков продолжается и ныне.

Голоценовый аллювий слагает пойму и низкие террасы рек. Выделяются русловая, пойменная и старичная фации. Мощность аллювия достигает 10-15 м и более.

Распространение и тип почв подчинено современной климатической зональности.

Голоцен может быть разделен на четыре этапа, границы которых имеют радиуглеродное обоснование: древний, ранний (бореальный период), средний (атлантический и суббореальный периоды) и поздний (субатлантический период).

Голоцен является типичным межледниковьем. Главная тенденция изменений его климата – переход от холодных условий конца плейстоцена к теплему климатическому оптимуму, а затем к новому похолоданию.

Климатический оптимум падает на на средний голоцен, максимум потепления – примерно 6 тыс. лет.

Поздний голоцен отмечен расширением зоны многолетней мерзлоты, а период – XV-XIX вв. н.э. – усилением оледенения многих горных областей и полярных архипелагов (этот интервал называют *малым ледниковым периодом* или *неогляциальным временем*).

Температура воздуха в умеренных широтах в голоцене были на 6-12° выше, чем в максимум последнего оледенения. Граница питания ледников повысилась в среднем на  $900 \pm 100$  м. Ледники полярных и горных областей сокращались, причем в климатический оптимум сокращение ускорялось, а при похолоданиях замедлялось или сменялось наступанием. Колебания высоты границы питания ледников в голоцене составляли 150-200 м.

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Раздел	Звено	Альпы		Русская платформа			Западная Сибирь	
Голоцен	Современное	Современные		Современные			Современные	
Плейстоцен	Верхнее	Вюрмское оледенение W	W <sub>3</sub>	Валдайский надгоризонт	Осташковский <i>os</i>		Зырянский надгоризонт	Сартанский
			W <sub>2</sub>		Ленинградский (мологосекснинский) <i>ld</i>			Каргинский
			W <sub>1</sub>		Подпорожский (калининский) <i>pd</i>			Ермаковский
		Рисс-вюрмское межледниковье R-W		Микулинское (межледниковье) <i>mk</i>			Казанцевский (=микулинскому)	
	Среднее	Рисское оледенение R	R <sub>3</sub>	Средне-русский надгоризонт	Московский <i>ms</i>		Бахтинский надгоризонт	Тазовский (=московскому)
			R <sub>2</sub>		Шкловский (одинцовский) <i>sk</i>			Ширтинский
			R <sub>1</sub>		Днепровский <i>dn</i>			Самаровский (=днепровскому)
	Миндель-рисское межледниковье M-R		Лихвинский (межледниковье) <i>lh</i>			Тобольский (=лихвинскому)		
	Нижнее	Миндельское оледенение M	M <sub>3</sub>	Белорусский надгоризонт	Окский <i>ok</i>		Шайтанский (=окскому)	
			M <sub>2</sub>		Беловежский <i>bv</i>		Талагайский	
M <sub>1</sub>			Дзукийский (донской) <i>dz</i>					
Гюнц-миндельское межледниковье G-M		Вильнюсский надгоризонт	Ильинский <i>il</i>					
				Покровский <i>pk</i>				
				Михайловский <i>mh</i>				
Эоплейстоцен	Верхнее	Гюнцевское оледенение G						
		Дунайско-гюнцевское межледниковье D-G						
	Нижнее	Дунайское оледенение						