

3  
Лекция на тему: Экзогенные геологические процессы

1. Выветривание и формирующиеся при этом отложения и формы рельефа.
2. Геологическая деятельность временных водных потоков
3. Геологическая деятельность рек
4. Геологическая деятельность подземных вод
5. Геологическая деятельность ледников
6. Геологическая деятельность морей
7. Геологическая деятельность озер и болот
8. Геологическая деятельность ветра

**Вопрос 1.** Выветривание – под этим термином понимается совокупность процессов, происходящих под воздействием воздуха, воды, льда, колебаний температуры, жизнедеятельности животных, растений и человека и приводящих к разрушению горных пород. При одновременном воздействии выветривания и почвообразования бесплодная порода превращается в плодородную почву.

Главными агентами выветривания являются: 1) колебания температуры, 2) вода с растворенными в ней химическими элементами, 3) кислород и углекислота воздуха, 4) растительные и животные организмы. Особую роль играет деятельность человека.

Различают физическое, химическое и биогенное выветривание, последнее осуществляется физическими и химическими агентами и тесно с ними взаимосвязано.

При *физическом* выветривании происходит раздробление, измельчение пород без изменения их химического состава. Различают температурное выветривание и механическое. В первом главный агент – температура (ее колебание), во втором – вода (замерзание, оттаивание), кристаллизация минералов, животные и растительные организмы.

Особенно ярко выражены процессы выветривания в пустынях и полупустынях, где велики сезонные колебания температуры, а суточные достигают 70 °С и более. Горные породы, состоящие из разных минералов, нагреваются и охлаждаются неравномерно. Вследствие различного расширения и сокращения объема минералов горные породы начинают трескаться, образуются скопления обломочного. Расширение воды при замерзании на 9%, последующее таяние, рост кристаллов (так, например, ангидрит, присоединяя к

себе две молекулы воды, превращается в гипс и увеличивается в объеме на 33%) вызывают образование трещин и пустот, т. е. приводят к разрушению пород.

В процессе *химического* выветривания участвуют активные соединения –  $O_2$ ,  $H_2O$ ,  $CO_2$  и органические кислоты. При химическом выветривании, особенно энергично проявляющемся на дневной поверхности, происходит создание новых минералов, устойчивых в поверхностных условиях. Исходные минералы растворяются, разрушаются и идет вынос подвижных оснований. Наиболее характерные из этих процессов – растворение галоидов, сульфатов, окисление сульфидов, разложение окислов (лимонитизация), силикатов (каолинизация) и т. д. Химически наиболее стоек при выветривании кварц, который не меняет своего состава даже при тонком измельчении, вследствие чего он входит в состав многих почв.

*Биогенное* выветривание осуществляется микроорганизмами, растениями, землероями. Происходит сложный двухсторонний физико-химический процесс: с одной стороны – растения и черви разрыхляют породы; с другой – растения поглощают из пород многие вещества, например, азот, фосфор, калий. В дальнейшем под воздействием различных органических кислот начинается процесс химического разложения горных пород. В этом же направлении проявляется деятельность различных насекомых (термитов и др.) и животных (сусликов, кротов и др.).

Продукты выветривания горных пород, оставшиеся на месте своего образования, называются *элювием*. Его отличительными особенностями являются тесная связь с исходной породой и постепенный переход от рыхлого мелкоземистого материала к плотному.

Элювий является исходным материалом для всех других форм осадочных континентальных и морских отложений. Он является и почвообразующей породой, но бедной минеральными веществами. Поэтому на элювии формируются почвы щебнистые, маломощные, незасоленные, малопродуктивные и подверженные эрозии.

Комплекс горных пород, возникших в верхней части земной коры под влиянием различных факторов выветривания, называется корой выветривания.

ния. Кора выветривания может быть древняя и чаще всего современная. Они широко развиваются на разных материалах, имеет значение для почвообразования. В стадии и коры выветривания вертикальная поясность специально изучались Плыновым и его учениками. Были выделены 4 типа коры выветривания – обломочные, обизвестковые, кислые и аллитные. Мощность коры выветривания очень различна. В условиях тропиков она составляет 100 м и более. Скорость раздробления и размельчения горных пород, образование элювия и почвообразование зависит не только от состава материнских пород, но и от климатического фактора (географической зональности). Таким образом, процессы выветривания зональны и если только преобладают местные факторы наблюдаются азональность на небольших участках.

**Вопрос 2.** Деятельность текущих поверхностных вод подразделяется на работу безруслых потоков (ливневых, дождевых) и русловых. Поверхностные воды разрушают горные породы, транспортируют материал разрушений и затем его накапливают (аккумуляция).

Процесс размыва текущими водами почв и горных пород называют *эрозией* (от лат. *erosio* – разъедание.). Различают эрозию плоскостную (абляцию), совершающуюся относительно медленно (смывание), и линейную (размывание), разрушающую породы, происходящую быстро и приводящую к образованию оврагов. Горизонтальная поверхность, от которой начался размыв и ниже которого разрушение не может происходить, получила название *базиса эрозии*.

Процесс смыва с водоразделов дождевыми и снеговыми талыми водами продуктов выветривания, скопление их на склонах и у подошвы возвышенностей получил название делювиального процесса, генетический тип образующихся при этом рыхлых отложений назван *делювием* (от лат. *deluo* – смываю). Для делювия характерна слабовыраженная слоистость и некоторая сортировка материала. Состав его сложный и зависит от состава начальных пород.

В местах где трудно провести границу между элювием и делювием, их объединяют под общим названием элювиально-делювиальных отложений. На делювии формируются более плодородные почвы, чем на элювии.

Разнообразный материал, смытый со склонов и выносимый на равнины временно текущими с различных возвышенностей водными потоками и отлагающийся в сухих конусах выноса, получил название пролювиальных отложений – *пролювия* (от лат. *proluo* – сношу течением). Данные отложения плохо отсортированы и содержат крупнообломочный материал, размеры которого уменьшаются от вершины к подножью.

В горной местности на склонах или у подножья гор образуются отложения в виде осыпей и обвалов, которые получили название коллювий или коллювиальные отложения. Они могут совмещаться с горным делювием, образуя делювиально-коллювиальные отложения.

**Вопрос 3.** Деятельность русловых потоков (рек) – противоречивый и сложный процесс, обусловленный взаимодействием внутренних (вращение Земли, колебательные движения) и внешних (климат) причин. Общий сток речных вод земного шара определяется в 36,3 тыс. км<sup>3</sup>, сток рек России составляет 4,7 тыс. км<sup>3</sup>.

Механическая работа рек состоит из: 1) размыва дна и берегов – эрозии, 2) шлифовки и обтачивания перемещаемых обломков; 3) переноса обломков и растворенных солей; 4) аккумуляции обломочного материала.

Реки переносят разнообразный материал тремя способами: 1) во взвешенном состоянии в виде мути, 2) перекачиванием по дну, 3) в растворенном состоянии. Во взвешенном состоянии реки нашей планеты ежегодно переносят 13 млн. тонн материала, в растворимом около 5 млн. тонн.

Намывной материал, отлагаемый реками, носит название аллювиальных отложений, или *аллювия* (от лат. *aluvio* – намываю). Различают современный аллювий и древний, а также – аллювий равнинных рек, горных рек и дельт. Среди аллювия равнинных рек выделяют отложения русла, стариц и поймы.

Аллювий широко распространен и служит материнской породой для различных пойменных почв. На песчаном аллювии образуются пойменные почвы, бедные элементами питания и подверженные эрозии. На глинистых аллювиальных отложениях образуются почвы, богатые органическим веществом и элементами питания, а значит достаточно плодородные.

#### **Вопрос 4. Геологическая деятельность подземных вод**

Атмосферные осадки, попадая на земную поверхность, разделяются обыкновенно на три неравные части. Одна часть течет прямо по поверхности и образует ручьи, реки и озера: другая – испаряется, возвращается снова в атмосферу и отчасти расходуется организмами; третья – поглощается почвой, проникает на разную глубину внутрь земной коры и служит основным источником питания подземных вод. В целом подземными водами называются воды, находящиеся в горных породах в жидком, твердом и газообразном состоянии.

Подземные воды играют существенную роль в геологическом развитии земной коры. Их чрезвычайно широкое распространение и подвижность приводят к постоянному взаимодействию с горными породами и к перераспределению вещества в земной коре. Прежде всего геологическая деятельность подземных вод проявляется в карстовых явлениях, суффозии и явлениях, связанных с многолетнемерзлыми породами.

Карстовые явления связаны с выщелачиванием подземными водами карбонатных и других растворимых пород. Выщелачивание обычно начинается с поверхности. Образуется воронка, затем глубокие борозды, или карры. В дальнейшем выщелачивание проникает вглубь. В результате на дне карра образуется нечто вроде природного колодца, в который устремляется вода. Такие колодцы называются понорами. В конечном итоге в горных породах образуются многочисленные каналы и пещеры, часто поглощающие целые ручьи и реки.

Классическим примером развития карста считается плато Карст в Югославии, с которым связано название этого явления. Плато Карст – каменная пустыня, поражающая своим унылым видом. Здесь нет ни воды, ни зелени. Поверхность его покрыта трещинами, ямами, рывинами, воронками. Есть тут реки, то текут они под землей в закрытых руслах.

Подземные воды не только выщелачивают горные породы, но при благоприятных условиях отлагают растворенные вещества, создавая разнообразные натечные образования: сталактиты и сталагмиты. Сталактиты представляют собой удлиненные, растущие вниз от кровли пещеры сосульки, со-

стоящие чаще всего из кальцита. Сталагмиты, наоборот, растут вверх, образуя более толстые натечные формы.

Кроме натечных форм подземные воды отлагают минеральные вещества в пустотах рыхлых пород, цементируя их. В результате цементации образуются новые породы: песчаники, конгломераты, брекчии и др.

Наряду с химическим взаимодействием с горными породами подземные воды производят и механический вынос из горных пород мелких минеральных частиц; этот процесс называется суффозией. Процессы суффозии приводят, в частности, к возникновению оползней. Оползни – это передвижения масс горных пород вниз по склону под влиянием силы тяжести.

Многолетнемерзлыми породами называются толщи горных пород, имеющие отрицательную температуру в течение неопределенно долгого времени, что обуславливает наличие в них льда, цементирующего частицы пород. В СССР многолетнемерзлые породы (вечная мерзлота) занимали около 50% ее территории. Мощность мерзлых пород колеблется от нескольких до 600-800 м, а в высокогорных Районах превышает даже 1000 м. На Крайнем Севере и Северо-Востоке нашей страны многолетнемерзлые породы распространены повсеместно. Мерзлые породы оттаивают в летнее время только на небольшую глубину (0,2-1,5 м). Этот временно оттаивающий верхний слой многолетнемерзлых пород называется деятельным слоем.

При переувлажнении оттаявшего грунта деятельного слоя под влиянием силы тяжести может начаться солифлюкция, или течение грунта. Солифлюкция обычно проявляется уже при небольших уклонах местности – всего в несколько градусов, что существенно затрудняет строительные работы в районах вечной мерзлоты.

В районах распространения многолетнемерзлых пород обычны наледи и бугры пучения вследствие образования льда в результате замерзания подземной воды в толще промерзших пород, а также термокарст – замкнутые воронко-, котловино- или блюдцеобразные понижения, заполненные чаще всего водой и образующиеся вследствие вытаивания погребенного льда или оттаивания многолетнемерзлого грунта.

**Вопрос 5.** Ледником называют естественное скопление кристаллического льда, имеющего значительные размеры. Обладая пластическими свойствами, ледник наподобие реки движется под действием силы тяжести.

Современные ледники покрывают свыше 16 млн. км<sup>2</sup>, что составляет около 11% поверхности суши. Общий объем льда и вечного снега во всех ледниках оценивается примерно в 29 млн. км<sup>3</sup>.

Находясь под большим давлением, лед на глубине приобретает пластические свойства, начинает перемещаться и течь. Весь образующийся при этом обломочный материал они перемещают в направлении своего движения и отлагают у края ледникового языка, т. е. в месте таяния.

Ледниковые отложения представлены моренами, флювиогляциальными и озерно-ледниковыми отложениями.

Выделяют основную и конечную (краевую) морену. Основная морена покрывает ложе ледника и занимает огромные пространства. Мощность ее составляет десятки километров.

Основная морена подразделяется на:

1. Поверхностную – обломки горных пород, скопившиеся на поверхности ледника.
2. Внутреннюю, образуется из пород, находящихся в массе ледника.
3. Донную – состоит из пород, подстилающих ледник.

Конечная морена представлена скоплением обломков у края ледника, которые он двигал перед собой. По гранулометрическому составу морены неоднородны и весьма разнообразны, причем в конечной морене валунов больше чем в основной.

На данных отложениях формируются подзолистые почвы, которые характеризуются низким потенциальным плодородием.

Флювиогляциальные или водно-ледниковые отложения формируются в краевой зоне ледника из пород, переотложенных тальми водами ледника. Их состав зависит от состава морены и условий отложений. Они хорошо сортированы и слоисты. Наибольшие площади данных отложений представлены на территории европейской части России и западно-Сибирской низменности.

На них формируются низкоплодородные почвы, бедные гумусом и питательными веществами.

Озерно-ледниковые отложения возникают внутри ледника и за ледниковой зоной. Слоистость в них выражена в виде ленточных глин, в которых темные тонкие глинистые слои, отложенные зимой, чередуются с более светлыми песчаными летними прослойками. На них формируются переувлажненные, часто заболоченные почвы.

**Вопрос 6.** Геологическая деятельность моря складывается из четырех видов: разрушения, переноса, созидания, или аккумуляции и диагенеза (химическая, физическая и биогенная переработка осадков переработка осадков и превращение их в осадочные породы).

Разрушительная работа моря, или абразия, складывается из действия ветровых волн, приливно-отливных движений и морских течений. Наибольшее разрушающее действие имеют волны. Одновременно с ним в пределах морской зоны происходит отложение наносов.

По происхождению и вещественному составу частицы морских наносов подразделяются на следующие группы:

1) терригенные, образовавшиеся за счет разрушения горных пород в зоне побережья или вынесенные реками, впадающими в море;

2) биогенные, образованные из твердых остатков морских организмов (частицы скелетов, раковины и др.);

3) хемогенные, образовавшиеся в результате химических процессов, которые имеют место, как в толще морской воды, так и на морском дне.

Разрушительная работа моря наиболее резко выражена в береговой полосе. Горные породы, слагающие берега, разрушаются в результате гидравлического удара самой волны, ударов многочисленных обломков, выбрасываемых волнами, химического воздействия воды. Разрыхлению горных пород способствуют также морские животные и растения. Разрушение берегов наиболее интенсивно происходит во время штормов, когда волны достигают огромной высоты, а их давление на горные породы берега возрастает до 30–35 т/м<sup>2</sup>.

На морских отложениях формируются почвы засоленного ряда – солончаки, солонцы и солоди.

**Вопрос 7.** *Озеро* – естественное углубление на поверхности суши, заполненное водой. От моря озеро отличается отсутствием двусторонней связи с океаном и морских течений. От реки озеро отличается замедленным водообменом. Все озера Земли занимают около 1,8% поверхности суши. На долю озерных вод приходится 176 тыс.км<sup>3</sup> или 0,013% всех запасов воды на Земле. На долю пресных озерных вод приходится 91 тыс. км<sup>3</sup> или 0,26% от всех запасов пресных вод.

Самое большое по площади – Каспийское озеро – море (371000 км<sup>2</sup>). Самое глубокое озеро – Байкал (1620 м).

Геологическая деятельность озер по сути близка к деятельности морей и уступает ей лишь по масштабам проявления. Её отличают, в частности, меньшие масштабы явлений абразии и аккумуляции; интенсивное развитие во многих озерах влаголюбивой растительности, способствующей превращению мелководных участков озер в болота; большой диапазон минерализации воды – от пресной до рассолов. В некоторых озерах минерализация в десятки раз превышает минерализацию морской воды, которая составляет обычно не более 3,5%.

Для озер характерны абразия и вдольбереговое перемещение наносов. Абразия на крупных озерах соизмерима с морской. Вдольбереговое перемещение происходит под воздействием течений, обусловленных волнением, нагоном воды, температурными градиентами, разной плотностью воды.

Обломочные осадки озер преимущественно приносятся реками, а также образуются при разрушении берегом озера. На дне озер накапливаются осадки обломочных, органогенных и хемогенных пород, особенностью которых является тонкая слоистость, обусловленная сезонными колебаниями температуры, определяющими смену условий осадконакопления. В литологическом отношении обломочные осадки представлены илами, песками, гравием, галькой.

Вода в озерах содержит различные соли. По количеству солей озера делятся на пресные (соленость до 1‰ (промилле – 1 ‰ соответствует кон-

центрации 1 грамм на дециметр кубический (г/дм<sup>3</sup>)), солоноватые (соленость до 24,7‰), соленые (24,7–47‰), минеральные (свыше 47‰, до 250–300‰).

Озерные отложения характеризуются хорошей сортированностью материала и наличием оглеения. По гранулометрическому составу они делятся на глины, суглинки, супеси, пески и галечники. Озерные отложения могут быть обломочными – приносимыми в озера реками ручьями и представляют собой гравий, песок, глину; органогенными – карбонатными и кремнистыми (мергель, сапропель); химическими – отложениями солей в бессточных озерах (NaCl, CaSO<sub>4</sub>).

На озерных незасоленных отложениях формируются почвы, сравнительно богатые питательными элементами, но при близком залегании грунтовых вод они легко заболачиваются. На засоленных – образуются солончаки.

Озера в масштабах геологического времени недолговечны, Большинство из них заносится осадками, а затем, зарастая растительностью, превращается в болота.

Путем искусственных запруд ручьев и рек издавна создаются многочисленные *пруды*.

**Болота** – это избыточно увлажненные участки поверхности суши с влаголюбивой растительностью, в результате отмирания которой и неполного её разложения образуется торф. Они содержат 87-97% воды и только 3–13% сухого веществ (торфа). На земном шаре болота занимают площадь в 3,5 млн. км<sup>2</sup> или около 2 % поверхности суши. В них сосредоточено 11,5 тыс. м<sup>3</sup> воды или 0,03 % от всех запасов пресных вод. По условиям водного питания и характеру растительности болота подразделяются на низинные или травяные, верховые или моховые и переходные или смешанные.

Геологическая работа болот проявляется в накоплении и разложении растительных остатков в переувлажненной среде. Отмирающая болотная растительность накапливается на дне водоема в большом количестве, но вследствие недостатка кислорода подвергается лишь слабому разложению. Из этих полуразложившихся растительных остатков и образуется торф, пред-

ставляющий собой уплотненную, обогащенную углеродом массу отмерших остатков растений.

Заболачивание может происходить и под влиянием деятельности человека, особенно при создании водохранилищ и подъеме уровня грунтовых вод. Очень своеобразным является «заболачивание» территорий городов, промышленных предприятий, аэродромов, при сооружении которых нарушается естественный тепло- и влагообмен между атмосферой и литосферой. Это «заболачивание» не сопровождается торфообразованием, но сильно изменяет гидрогеологический режим зоны аэрации; уровень грунтовых вод поднимается очень быстро, увеличивается естественная влажность пород, в связи с чем изменяются их свойства.

**Вопрос 8.** Ветер является одним из важных геологических агентов. Он разрушает горные породы (выдувание, развевание, шлифовка), переносит и отлагает (накопление, аккумуляция) обломочный материал. Разрушительная деятельность ветра складывается из дефляции и коррозии. Сдувание, выдувание и развевание ветром мелких частичек горных пород называют *дефляцией*, процесс стачивания и вытачивания поверхности горных пород и появление на ней штрихов, борозд, желобов – *корразией*. **Корразия** (от лат. «*corrado*» – *скоблю, соскребаю*) – процесс механического истирания горных пород обломочным материалом, переносимым ветром. Заключается в обтачивании, шлифовании, и высверливании горных пород. Частицы, переносимые ветром, ударяясь о поверхность встречающихся на пути коренных горных пород, действуют в качестве природного «абразивного инструмента», вырабатывая на их поверхности штрихи, борозды, ниши и другие характерные формы. В процессе такого обтачивания происходит также образование нового обломочного материала, вовлекаемого в процесс дефляции (грубой аналогией подобного процесса может служить действие абразивного инструмента на предмет – в результате обработки предмет изменяет форму, а удаляемая часть превращается в стачиваемый мелкий материал). Таким образом, процессы корразии и дефляции взаимосвязаны и протекают одновременно. Оба эти процесса часто объединяют под названием *ветровая эрозия*.

В результате отложения материала, переносимого ветром, образуются *эоловые (субаэральные) накопления*. К ним относятся пески дюн и барханов, некоторые исследователи к эоловым отложениям причисляют также эоловый лесс. Эоловый лесс является продуктом медленного накопления (от 1 до 2 мм в год) атмосферной пыли в условиях сухого климата, образуя толщи мощностью в несколько десятков метров.

Лесс и лессовидные породы широко распространены на всех материках, служат почвообразующей породой, основанием и средой для строительства и имеют большое агрономическое и гидромелиоративное значение.

Эоловый лёсс (*нем. «Loss» от «lose» - рыхлый, нетвёрдый*) – отложения, сложенные пылеватыми частицами, неслоистые, обладающие высокой пористостью. Характерными особенностями лёссов являются следующие: Мелкозернистый пылеватый состав. Частицы размером более 0,25 мм отсутствуют или составляют не более 5%. Высокая пористость – объём пор может достигать 50-55%. Эта особенность определяет способность лёссов обваливаться большими глыбами и просаживаться при увлажнении или под нагрузкой (например, весом построек). Благодаря рыхлости пород они легко разрушаются при дефляции или под действием водных потоков (знаменитая «жёлтая» река – Хуанхэ – имеет специфичный цвет вод за счёт переноса большого объёма лёссового материала). Залегание в форме плащеобразных покровов. Отсутствие слоистости и однородность состава.