

Модуль №1. «Общая и историческая геология»

Тема №3. Экзогенные геологические процессы

Лекция №4.

Основные типы геологических процессов и обуславливающие их причины.

Выветривание, виды выветривания, их характеристика.

Продукты выветривания.

Геологическая деятельность ветра.

Эоловые отложения.

Доцент, канд.техн.наук – А.Ю. Белоносов

Тюмень, 2020

Основные типы геологических процессов и обуславливающие их причины.

Несомненно, что в начальный период развития Земли характеризовался очень сложными процессами — конденсацией вещества и установлением формы Земли как эллипсоида вращения.

Дальнейшая история Земли определяется взаимоотношениями и изменениями в тех силах, которые и сейчас функционируют в теле земного шара и которые, с той или иной степенью точности, мы можем исследовать. Сюда относятся *взаимное притяжение частиц вещества*, слагающего земной шар, а также *гравитационные силы* взаимодействия между Землей, Луной и Солнцем и планетами; *ротационные силы*, т. е. силы, связанные с вращением Земли вокруг оси и изменением скорости этого вращения; силы, возникающие в теле Земли в результате изменения количества содержащегося в ней тепла, т. е. *изменения температуры недр Земли*; силы, возникающие в ходе *химических превращений вещества* в недрах Земли и изменений агрегатного состояния материи в условиях высоких температур и давлений; наконец, силы, связанные с внешними воздействиями на Землю, особенно с влиянием Солнца, которое воздействует на водные и воздушные массы и приводит их в движение.

Рассматривая такие изменения, мы можем условно разделить их на **две группы**: процессы внешней геодинамики или внешние, **экзогенные процессы** и процессы внутренней геодинамики или внутренние, **эндогенные процессы**.

Экзогенные процессы возникают в результате взаимодействия каменной оболочки с внешними сферами: атмосферой, гидросферой и биосферой, Эндогенные процессы проявляются при воздействии внутренних сил Земли на каменную оболочку.

Те изменения, или процессы, которые протекают внутри земного шара, которые подчиняются силам, заложенным внутри Земли, и которые мало зависят от внешних влияний носят название **эндогенных**. Они вызывают различные движения земной коры. Эти движения называются *тектоническими*, с ними связан ряд процессов, вызывающих неоднородность состава горных пород, их распределения по площади и условий залегания. К эндогенным процессам относятся: медленные колебательные тектонические движения земной коры, выражающиеся в поднятиях и опусканиях различной амплитуды и скорости; тектонические движения земной коры, вызывающие складчатые и разрывные нарушения горных пород и создающие различные структуры во времени и пространстве; тектонические движения, создающие горные сооружения; магматизм, проявляющийся в виде внедрения магмы (высокотемпературного силикатного расплава) и застывания в глубине земной коры с образованием различных тел или в виде вулканических извержений лавы на поверхность; метаморфизм первично осадочных или магматических горных пород; землетрясение, представляющее особый вид тектонических движений, выражающийся в подземных ударах, вызванных внезапным смещением и сотрясением того или иного участка земной коры. Эндогенные процессы, при всем их разнообразии и сложности, теснейшим образом связаны друг с другом, и только всестороннее комплексное изучение может привести к пониманию сущности и закономерностей их проявления.

Основные типы геологических процессов и обуславливающие их причины.

Вторая группа изменений вызвана по преимуществу внешними воздействиями на земной шар и проявляется на его поверхности. Эти изменения состоят:

- в непрерывных перемещениях водных и воздушных масс,
- в циркуляции воды в атмосфере, на поверхности и внутри Земли,
- в химических и физических превращениях вещества под воздействием реакций выветривания, в разрушении, переносе и вторичном отложении горных пород,
- в жизнедеятельности организмов и т. п.

Подобные изменения объединяются под термином **экзогенные процессы**. Эти процессы удобно расчленить на несколько подразделений, соответствующих значению и роли различных внешних агентов:

- процессов выветривания, - ветра, - поверхностных проточных вод, - подземных вод, - озер и болот, - ледников, - морей и океанов.

Экзогенные процессы подразделяются на три группы: процессы выветривания, денудации и аккумуляции (осадконакопления).

Выветривание - процесс изменения (разрушения) горных пород и минералов вследствие приспособления их к условиям земной поверхности. Оно состоит в изменении физических свойств минералов и горных пород, сводящемся в основном к механическому разрушению, разрыхлению и изменению химических свойств под воздействием H_2O , O_2 и CO_2 атмосферы и жизнедеятельности организмов.

Совокупность процессов разрушения горных пород и сноса продуктов разрушения в пониженные участки называется **денудацией** (лат. denudatio — обнажение). Она проявляется главным образом в пределах суши и сводится к перемещению раздробленного и химически растворенного материала с возвышенности в депрессии рельефа. Главные ее агенты: сила тяжести, текучие воды, ветер и движущиеся льды ледников.

Аккумуляция - сумма всех процессов накопления осадков, возникающих в понижениях рельефа Земли за счет принесенных денудаций продуктов выветривания.

Экзогенные процессы представляют собой очень сложный комплекс взаимно увязанных изменений. Нельзя рассматривать один из видов экзогенных сил, не затрагивая других. Только совместный их анализ позволяет понять общую картину изменений, протекающих на поверхности Земли, и установить закономерности, управляющие этими изменениями.

Выветривание, виды выветривания, их характеристика. Продукты выветривания.

Выветривание горных пород - сложный процесс, в котором выделяется несколько форм его проявления.

1-я форма - *механическое дробление* горных пород и минералов без существенного изменения их химических свойств - называется механическим или физическим выветриванием.

2-я форма - *химическое изменение вещества*, приводящее к превращению исходных минералов в новые - называется химическим выветриванием.

3-я форма - *органическое (биологическое) выветривание*: минералы и горные породы физически и главным образом химически изменяются под воздействием жизнедеятельности организмов и органического вещества, образующегося при их разложении.

Механическое (физическое) выветривание.

Породы распадаются на обломки и превращаются в глыбы, дресву и песок. При этом состав конечных продуктов разрушения целиком зависит от структуры, текстуры и минерального состава горных пород, подвергшихся разрушению.

Важнейшим фактором механического выветривания является инсоляция, то есть нагревание поверхности горных пород солнечными лучами. Возникающее вследствие попеременного нагрева и остывания периодическое изменение объема породы вызывает ее растрескивание, нарушение связи между минералами, а также и внутри минералов. Образование и рост трещин, раскалывающих породу на куски, идет тем интенсивнее, чем больше суточная амплитуда колебаний температуры, достигающая особенно больших величин ($> 40^{\circ}\text{C}$) в субтропических пустынях и высокогорных областях. Образование трещин в горных породах в значительной мере зависит от их свойств - слоистости, сланцеватости, наличия спайности у минералов. Механическому разрушению способствует и так называемая первичная отдельность магматических пород, т.е. система взаимопересекающихся трещин, возникающих в породе задолго до начала ее выветривания вследствие уменьшения объема при остывании магматического тела или при воздействии тектонических сил, способствуя разрушению породы, обуславливая характерные формы образующихся обломков в виде столбов, матрацев и т.д.

Породы с массивной текстурой, прогреваясь и остывая за день лишь на определенную небольшую глубину, начинают растрескиваться и отслаиваться по кривым поверхностям, параллельным неровным поверхностям выхода горных пород (чешуйчатая отдельность). Такой процесс называется десквамацией или чешуением.

Выветривание, виды выветривания, их характеристика. Продукты выветривания.

Породы со слоистой или сланцеватой текстурой под влиянием инсоляции распадаются по плоскостям на плитки, расслаиваются, разлистываются. Слоистая толща осадочных пород, например, песчаников, имеющих различную степень цементации, выветривается неоднородно. Одни слои легко распадаются на мелкий щебень, дресву и песок, другие долго сохраняют свою монолитность. Плотные, трудно выветриваемые породы сохраняются в виде выступов, легко выветриваемые осыпаются и на их месте образуются впадины. В результате возникает очень характерная скульптура выхода пород, называемая формами выветривания. Такими формами выветривания являются различные выступы, карнизы, столбы, останцы причудливой формы и др.

Интенсивность и характер механического выветривания зависят не только от температурного режима и других элементов климата, но и от конкретного минерального сложения породы, от ее *теплоемкости* и *теплопроводности*. Быстрее разрушаются темноокрашенные породы и минералы, а также крупнокристаллические полиминеральные породы с большим различием коэффициентов расширения составляющих их минералов.

Механическое разрушение горных пород особенно интенсивно в областях, где суточная температура, отрицательная или положительная, колеблется вокруг нуля (высокогорья, приполярные области). Особое значение получает периодически замерзающая вода, проникающая в трещины.

Как известно, при замерзании вода расширяется на 1/11 своего объёма. Поэтому образовавшийся лёд давит на стенки трещин с силой 890 кг/см², разрывая даже очень твёрдые породы. Эта форма разрушения горных пород называется морозным выветриванием.

Таким образом, физическое выветривание преобладает в условиях сухого континентального климата (пустыни) с резкими суточными изменениями температуры, проявляясь в форме инсоляции и особенно широко развито в высокогорных и субполярных областях в виде морозного выветривания.

В результате физического выветривания образуются особые формы ландшафта. Если выветривание происходит в горных областях, то продукты выветривания накапливаются на них в виде глыб и дресвяного материала. В результате создаются элювиальные россыпи. **Элювий** (лат. "элюо" - вымывать) - это осадок, не подвергшийся переносу, то есть накапливающийся в результате разрушения породы на месте.

Типичные области физического выветривания - каменистые пустыни, или гаммады. Это области образующие террасовидные поверхности с вертикальными уступами между ними. На краю уступов пласты расчленяются на останцы конусовидной формы. Понижения между останцами покрыты россыпями каменных глыб и щебнем. Более мелкий материал уносится ветром.

В процессе физического выветривания из массивных пород высвобождаются многие стойкие минералы, являющиеся полезными ископаемыми (Au, Pt, касситерит, шеелит, алмазы) и образуют россыпные месторождения.

Выветривание, виды выветривания, их характеристика. Продукты выветривания.

Химическое выветривание

Химическим выветриванием называется разрушение горных пород под воздействием воды, кислорода, углекислоты и органических кислот, содержащихся в воздухе и воде и воздействующих на поверхность пород, растворяя их. Химическое выветривание представлено несколькими основными типами: растворением, окислением, гидратацией, восстановлением, карбонатизацией, гидролизом.

Растворение происходит под действием воды, стекающей по поверхности выхода горной породы или просачивающейся через её трещины и поры. При этом она избирательно выносит (выщелачивает) из породы только некоторые вещества. Сильнее всего растворяются хлориды (галит, сильвин), далее сульфаты (гипс), карбонаты (известняки, доломиты). В зависимости от величины частиц, на которые распалось вещество горной породы, различают 2 типа растворов: *истинные* (кристаллоидные) и *коллоидные*.

В первом типе раствора вещество распадается до молекул и ионов. В таком растворе молекулы или ионы растворённого вещества обладают такой же подвижностью, что и молекулы растворителя - воды, что обеспечивает равномерное распределение вещества во всей массе растворителя (диффузию). Особенностью данного типа растворов является то, что при определённом насыщении растворённое вещество выпадает из них в осадок в твёрдом кристаллическом состоянии, т.е. превращается в минерал. Во втором типе раствора (греч. "колля" - клей) вещество распадается лишь до частиц, превышающих размеры молекул. Эти частицы представляют собой сочетание многих молекул или мелкие обломки кристаллических решёток минералов размером 0,001-0,2 мкм. Коллоиды могут быть *жидкие*, *вязкие* и *студнеобразные*. Коллоиды способны свёртываться (коагулировать) под влиянием электролитов - водных кристаллоидных растворов, распадающихся на ионы и способных поэтому проводить электрический ток. Свойствами электролитов обладают растворы NaCl, HCl, H₂SO₄, HNO₃, KOH, NaOH, медного и железного купороса, соды, поташа и др.

Под влиянием электролитов частицы коллоида слипаются в хлопья и комочки, которые начинают осаждаться, образуя **гель** - вещество, имеющее свойства твёрдого тела. Образование коллоидных растворов зависит от сложного сочетания физико-химических факторов и подчиняется иным закономерностям, нежели обычное растворение. Именно в форме коллоидных растворов выносятся огромное количество продуктов химического выветривания, способствуя тем самым разложению минералов. Учитывая это можно сказать, что абсолютно нерастворимых веществ в природе вообще нет и что процесс растворения в той или иной форме участвует в выветривании любых минералов и горных пород.

При активном участии растворения идёт **гидролиз** - разложение минералов с выносом части образующихся продуктов и сопровождающийся **гидратацией**.

Выветривание, виды выветривания, их характеристика. Продукты выветривания.

Химическое выветривание

Окисление и гидратация. Окисление представляет собой взаимодействие горных пород с кислородом и образование оксидов или гидрооксидов, если присутствует вода. Окислению подвержены в первую очередь минералы, содержащие Fe, S, V, Mn, Ni, Co и др. Факторами окисления являются кислород воздуха и вода. В присутствии влаги закиси металлов, входящие в состав минералов, легко переходят в окиси, сульфиды - в сульфаты. Во влажном климате образуются богатые водой гидраты окислов железа.

Гидратация - поглощение минералами воды, т.е. процесс присоединения воды к минералам и образование новых минералов. Объем породы при гидратации увеличивается, что может привести к деформациям отложений.

Карбонатизация представляет собой процесс присоединения углекислоты к продуктам изменения горных пород, приводящий к образованию карбонатов Ca, Fe, Mg и др. Подавляющее большинство карбонатов довольно хорошо растворимы в воде и поэтому выносятся ею из формирующейся *коры выветривания* в подстилающие породы, где часто из них отлагается, образуя *стяжения* (конкреции). Много карбонатов выносятся в грунтовые воды, обуславливая их жёсткость, т.е. неспособность смывать жиры и давать пену в соединении с жиром.

Кора выветривания - совокупность остаточных продуктов выветривания - различных элювиальных образований, развитых на материнских породах. Характер кор выветривания и их мощность связаны с климатическими условиями, количеством осадков, поступления органического вещества. Важное значение имеет рельеф и интенсивность восходящих тектонических движений, а также состав горной породы, подвергшейся выветриванию. Наиболее благоприятными условиями для формирования кор выветривания являются выровненный рельеф и сочетание высокой температуры, большой влажности и большого количества органических веществ. В условиях жаркого климата возникает латеритная кора выветривания. Глубже расположен каолинитовый горизонт, ещё ниже - гидрослюдисто-монтмориллонитово-бейделлитовый горизонт. В таёжно-подзолистой зоне умеренного климата мощность коры выветривания значительно меньше и отсутствует латеритный горизонт. В области сухих степей мощность коры ещё меньше и отсутствуют латеритный и каолинитовый горизонты.

Восстановление является процессом, обратным окислению и заключается в потере веществом части или всего содержащегося в нём химически связанного кислорода. Оно участвует в выветривании там, где нет свободного кислорода, когда сильным восстановителем является органическое вещество, сформировавшееся в результате отмирания болотной растительности. В результате этого окись железа Fe_2O_3 переходит в закись FeO , гидраты которой имеют зеленоватый цвет. Возникает серо-зелёная или сизая глинистая масса, подстилающая обычно торфяники и называемая в почвоведении **глеем**. Процесс его образования называется **оглеением**. Наряду с этим при выветривании в восстановительной среде может происходить и образование ряда минералов, бедных или лишённых O_2 и обычно отсутствующих в коре выветривания (пирит и др.).

В результате химического выветривания образуются такие ценные полезные ископаемые, как каолин, бокситы, некоторые железные руды.

Выветривание, виды выветривания, их характеристика. Продукты выветривания.

Биологическое выветривание

Горные породы на своих поверхностях содержат огромное количество микроорганизмов. На 1 г выветрелой породы может приходиться до 1 млн. бактерий. Как только порода начинает выветриваться, на ней сразу же поселяются бактерии и синезеленые водоросли, затем лишайники и мхи, которые растворяют и разрушают поверхностный слой породы и после их отмирания на ней образуются углубления, ямки, борозды, заполненные сухой биомассой отмерших организмов. Таким образом, на поверхности горных пород формируются сообщества микроорганизмов, играющие важную роль в процессах выветривания.

Биота, поселившаяся на поверхности горных пород, извлекает из нее необходимые для жизни химические элементы – P, S, K, Ca, Mg, Na, B, Sr, Fe, Si, Al и др. Однако, они и возвращают новые химические элементы в геологическую среду. Тем самым происходит круговорот веществ, обусловленный активностью биоты.

Следует отметить, что в процессах химического выветривания организмы участвуют и косвенным путем выделяя, например, кислород при фотосинтезе, образуя CO₂ при отмирании растений, провоцируя образование весьма агрессивных органических кислот, которые резко усиливают растворение и гидролиз минералов.

Кроме этого, разрушение горных пород организмами может осуществляться физическим или химическим путём. Например: простейшие растения - лишайники - способны селиться на любой горной породе и извлекать из неё питательные вещества с помощью выделяемых им органических кислот. Простейшие растения подготавливают почву для жизни на поверхности горных пород более высокоорганизованных растений. Древесная растительность иногда появляется и на поверхности горных пород, не имеющей рыхлого почвенного покрова. Корни растений используют при этом трещины в породе, постепенно их расширяя. Они способны разорвать даже очень плотную породу, т.к. давление, развиваемое в клетках ткани корней, достигает 60-100 атм. Значительную роль в разрушении земной коры в её верхней части играют земляные черви, муравьи и термиты, проделывающие многочисленные подземные ходы, способствуя проникновению вглубь почвы воздуха, содержащего влагу и CO₂ – создавая мощные факторы химического выветривания.

Далее следует рассмотреть такой процесс, как **почвообразование**, который тесно связан с вышеперечисленными видами выветривания.

Выветривание, виды выветривания, их характеристика. Продукты выветривания.

Почвообразование

Это сложный процесс преобразования горной породы в почву под влиянием органических веществ из отмирающих наземных растений, образующихся при участии микроорганизмов (бактерии, грибы). Почва почти сплошным покровом облекает сушу. Растительные вещества приносят в почву такие элементы, как С, Н₂, О₂. Наиболее распространена в растительной массе клетчатка (С₆Н₆О₅), а также азотистые соединения, содержащие азот, серу, фосфор, железо, жиры, белки, органические кислоты, спирты. Преобразование органических веществ в почве происходит в зависимости от доступа к нему кислорода в форме *тления* (свободный доступ О₂ и полное сгорание органического вещества), *гниения* (без доступа О₂) и *перегнивания* (промежуточный тип разложения органического вещества при недостаточном доступе О₂). Перегнивание ведёт к образованию перегноя или гумуса (лат. "гумус" - земля). Гумус - сложное вещество, представляющее собой смесь органических соединений, среди которых преобладают гуминовые кислоты.

Гумус образуется при участии микроорганизмов и состав его несколько различен в зависимости от климатических условий. Зависимость эта заключается в следующем. Гуминовые кислоты являются химически активными веществами, играющими главную роль в процессе химического выветривания минералов почвы. При этом образуются их соединения с отщепляемыми от минералов щелочными и щелочноземельными металлами, железом и др., так называемые гуматы. В виде коллоидных растворов они вместе с обычными продуктами выветривания выщелачиваются из верхней части почвы просачивающейся через неё дождевой и снеговой водой и часть их вновь осаждаются в нижних горизонтах почвы. В связи с этим почву можно разделить на 2 горизонта: верхний - элювиальный, или горизонт вымывания (А) и нижний - иллювиальный, или горизонт вмывания (В).

Во влажном климате, где через почву просачивается много воды, а возникающий гумус имеет особенно резко кислотные свойства, указанный процесс идёт наиболее интенсивно. В сухом климате, где воды мало, а гумус менее кислый, процесс протекает значительно слабее. Отсюда разная мощность, состав и строение почв.

Характер материнской породы также влияет на облик почвы, но в гораздо меньшей степени. Поэтому в одной и той же климатической зоне почвы, развитые даже на таких резко различных породах, как, например, гранит и суглинок, похожи друг на друга. Наоборот, в разных климатических зонах почвы даже на одинаковых породах различны.

Геологическая деятельность ветра. Эоловые отложения.

Ветер является одним из важных геологических агентов, изменяющих лик Земли. Он производит геологическую работу повсеместно, но весьма неравномерно. Работа ветра будет намного интенсивней там, где отсутствует растительность и горные породы непосредственно соприкасаются с атмосферой. Такими районами являются пустынные и полупустынные районы Мира, а также высокие горные хребты и плато.

Все геологические явления, связанные с деятельностью ветра, называются **эоловыми процессами** (Эол - бог ветра у древних греков), а образовавшиеся при помощи ветра отложения - **эоловыми**.

Ветер – это движение воздушных масс, струй и потоков, в приземном слое, в основном, параллельно земной поверхности. Скорость ветра изменяется в широких пределах, от первых м/с до ураганного в 25-60 м/с и более. Чем сильнее ветер, тем больше способен захватывать и перемещать на огромные расстояния мелкие песчинки, пыль, вулканический пепел.

Ветер может разрушать горные породы, переносить обломочный материал, отлагать его в определённых местах. Чем больше скорость ветра, тем сильнее производимая им работа. Благоприятные условия для проявления деятельности ветра: 1) резкие суточные изменения температуры; 2) незначительное количество осадков, выпадающих редко, нерегулярно; 3) превышение испарения над осадками (в 5-15 раз); 4) разрежённость или отсутствие растительного покрова; 5) частые ветры большой силы; 6) наличие материала, способного перемещаться ветром.

Геологическая работа ветра состоит из нескольких основных процессов: 1) разрушение горных пород – дефляция и корразия; 2) транспортировка материала; 3) аккумуляция материала.

Под **дефляцией** (лат. дефляро – выдувать) понимается выдувание рыхлых, дезинтегрированных горных пород с поверхности Земли. Дефляция особенно сильно проявляется в районах, не защищённых растительностью (в пустынных районах, в которых сдувается слой сухих, рыхлых отложений, расположенных на более влажных), в узких горных долинах или котловинах, где от неравномерного нагрева возникают смерчи. Разновидность дефляции - чёрные бури (суховеи). Они обрушивались на высушенный распаханый чернозём и уносили его, оставляя бесплодную пустыню. Выдувание такого типа называется *плоскостной дефляцией* или *эоловой абляцией*.

Кроме плоскостной дефляции существует ещё и *бороздовая дефляция*. В узкой щели или борозде сила ветра больше и весь рыхлый материал развеивается оттуда в первую очередь. Таким образом растут и углубляются колеи дорог, узкие расщелины, особенно в мягких породах.

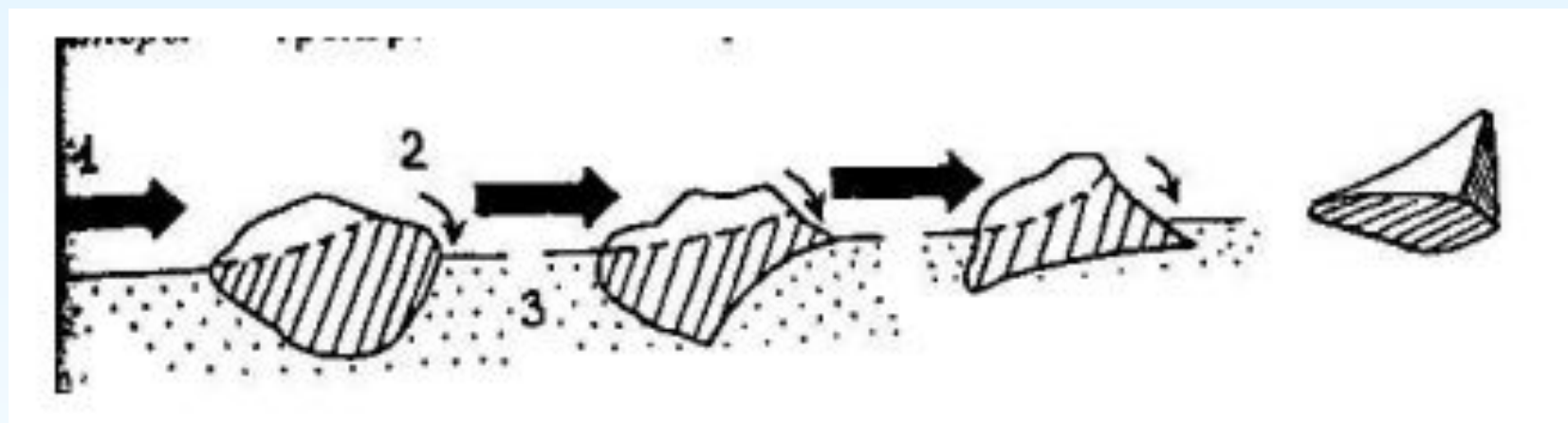
Геологическая деятельность ветра. Эоловые отложения.

Под **корразией** (лат. «корразио» - обтачивание) называется обтачивание выступов горных пород твердыми частицами, переносимых потоками и воздушных струй в приземном слое, т.е. их разрушение. Не путать с коррозией.

Корразии подвергаются все выступы горных пород, причем более мягкие участки менее сцементированные, углубляются быстрее, чем плотные и тогда образуются ячейки, ниши углубления неправильной формы. Любое уплотнение со временем становится выпуклой формой. Поскольку переносимый ветром песчаный материал движется над самой поверхностью земли, не выше 2-х м, а чаще до 0,5 м, обтачивание происходит в нижней части выступов пород.

Корразия может быть точечная, царапающая (бороздящая), плоскостная и сверлящая.

Если в пустынных районах много камней, то эти камни постепенно обтачиваются, коррадируются летящим песком и при этом образуется отшлифованная поверхность. Камень может по каким-либо причинам перевернуться и тогда обтачивается и полируется уже другая грань. Так образуются **вентифакты** или **драйкантеры** – трехгранные отшлифованные обломки горных пород.



Образование драйкантеров (вентифактов): 1 – ветер; 2 – переворачивание камня; 3 – перемещающийся песок обтачивает и полирует поверхность камня.

В результате корразии в породах возникают ниши, борозды, царапины. Максимальное насыщение ветрового потока песком наблюдается в нескольких сантиметрах (до 1-2 м) от земли. Поэтому именно на небольшой высоте в породах, однородных по составу, выбиваются ветром наиболее крупные ниши, скалы как бы подрезаются. В слоистых породах истираются и выдуваются в первую очередь более мягкие прослойки, в которых образуются ниши, крепкие прослойки создают карнизы. Корразия способствует расширению трещин, постепенно приводя к созданию характерных округлых и причудливых образований. При эоловой обработке слоистых пород создаются очень разнообразные формы: грибы, пирамиды, обелиски и т.д.

Геологическая деятельность ветра. Эоловые отложения.

Эоловый перенос.

Работа ветра особенно заметна при переносе мелкого обломочного материала. Ветер способен переносить пылеватые частицы, песчинки и даже камешки. Материал переносится ветром порой на огромные расстояния. Особенно далеко может переноситься пыль, поднятая на большую высоту. Например, пепел вулкана Кракатау во время извержения 1883 года облетел земной шар и держался в воздухе около трёх лет, вызывая в ряде мест розовые зори, "кровавые" дожди.

Существует 2 способа эолового переноса: 1) сальтация и 2) волочение, перетекание.

Сальтация (итал. сальто - прыжок) – это перемещение песчинок прыжками. Песчинка, поднятая ветром ударяется в песок, выбивает из него еще песчинки и т.д. Сальтация происходит при довольно сильном ветре и действует по типу цепной реакции.

В других случаях песок под действием ветра «перетекает». Песчинки медленно перекатываются, «волокутся» по неровностям рельефа. Чем сильнее ветер, тем большего размера песчинки вовлекаются в этот процесс. Песок как бы струится, напоминая движение воды.

Эоловая аккумуляция и эоловые отложения.

В составе переносимых ветром частиц преобладает кварц, полевые шпаты, глинистые породы; могут быть частицы и органического происхождения - споры, пыльца, грибы, бактерии. Кроме продуктов разрушения горных пород, в небольших количествах встречается пепел вулканов и космические частицы (метеоритная пыль). Переносимые ветром частицы рано или поздно выпадают на землю и либо примешиваются к различным осадочным породам, либо дают начало особым **эоловым отложениям**. Среди этих отложений выделяются глинистые, пылеватые и песчаные.

Глинистые и пылеватые эоловые отложения возникают за счёт осаждения мелких частиц, переносимых во взвешенном состоянии, иногда очень высоко. Такие отложения могут отлагаться на значительном удалении от областей развеивания.

Песчаные эоловые отложения образуются из крупных частиц, перемещаемых или перекатываемых ветром у самой поверхности. Поэтому эоловые пески распространены в непосредственной близости от областей развеивания.

Геологическая деятельность ветра. Эоловые отложения.

Процесс цементации и уплотнения эоловых отложений происходит менее интенсивно, чем у водных осадков, поэтому первые из них преимущественно рыхлые. Сортировка эоловых отложений обычно хуже речных или морских. Равнозернистые пески среди эоловых отложений отсутствуют. Наиболее типичный цвет - жёлтый, серый, белый. Эоловые пески часто имеют косое напластование. По направлению наклона слоёв можно определить направление ветра, формировавшего эти слои. Максимальная площадь эоловых песков наблюдается в областях пустынь.

По окраинам песчаных пустынь часто происходит накопление пылеватых частиц размером 0,05-0,01 мм. При уплотнении они образуют лёсс. Это очень пористая порода (пористость 42-50%). Многие поры появляются в результате разложения стеблей и корешков растений. В результате образуются вертикальные каналы. Типичный лёсс не имеет слоистости. Характерна сильная карбонатность и присутствие известковых стяжений, называемых журавчиками. В отличие от песков лёсс мало сыпуч, в связи с чем при дефляции и размыве в нём образуются овраги с очень крутыми склонами. Мощность достигает 100 м.

Формы эоловой аккумуляции.

Дюна - удлиненный асимметричный холм с более-менее округлой вершиной. Склон холма, обращенный к ветру (наветренный) более полог (5-12°), противоположный (подветренный) соответствует углу естественного откоса, равному для песков 30-35°. Высота дюн различна: 5-30 м, но бывают и выше 100 м. В Сахаре даже до 500 м. Во многих областях Европы с песчаным покровом широко распространены *древние дюны*, уже не перерабатываемые ветром и заросшие сосновыми лесами.

Бархан - характерная эоловая форма пустыни - холм, имеющий в плане форму полумесяца, рога которого обращены по направлению движения ветра. Наветренный склон более пологий (10-15°) и длинный, подветренный крутой, гребень обычно острый. Между вершинами рогов происходит завихрение воздуха, способствующее образованию выемки и определяющее крутизну подветренного склона. Высота барханов обычно 1-15 м; в Ливийской пустыне до 30 м. Барханы бывают, как и дюны, одиночные и грядовые.

Грядообразные валы - длинные симметричные песчаные валы с пологими склонами, вытянутые в направлении движения ветра. Высота 15-30 м, в Сахаре до 200 м.

Геологическая деятельность ветра. Эоловые отложения.

Эоловая рябь наблюдается на поверхности всех отмеченных форм, а часто и на выровненных участках песков. Это мелкие валики, образующие также серповидно изогнутые цепочки, напоминающие мелкую рябь на воде.

Под влиянием ветра эоловые формы способны перемещаться. Скорость перемещения дюн и барханов - несколько сантиметров и метров в год.

Пустыни. Геологическая работа ветра наиболее сильно проявляется в пустынях, распространённых на всех континентах в тропиках, субтропиках и южной части умеренных поясов. Резкие колебания температуры создают в пустынях условия для возникновения постоянных или периодических сильных ветров.

По преобладанию того или иного типа эоловой геологической работы пустыни можно разделить на дефляционные и аккумулятивные. К первым относятся **каменистые пустыни (гаммады)**, ко вторым - **песчаные, глинистые (такыры), лёссовые (адыры) и солончаковые (шоры)**.

Песчаные пустыни наиболее распространены вследствие большой устойчивости кварца, из которого состоят песчинки. В песчаных пустынях особенно хорошо выражены все те бугристые и грядовые формы.

Глинистые пустыни располагаются по краям или внутри песчаных пустынь. Глинистые частицы, принесённые ветром или водой во время паводков, быстро уплотняются. Выпадающая на поверхность такыра дождевая вода не проникает в глубину, скапливается, образуя обширные, но очень мелкие озёра. После испарения такого озера разбухшая поверхность дна высыхает, сокращается в объёме, в связи с чем образуются многочисленные трещинки высыхания, разбивающие поверхность на многоугольники. Трещины часто забиваются песком и пылью, но на гладкой поверхности последние обычно сносятся ветром. Вот почему среди песчаных пустынь такыры хорошо сохраняются.

Лёссовые пустыни получают материал путём выдувания из каменистых пустынь или намыва водой с окрестных гор. Воды, стекающие во время дождей и снеготаяния по поверхности адыров, обычно расчленяют её густой системой ветвистых оврагов, так что чаще всего рельеф неровный. Эти пустыни при использовании искусственного орошения могут быть превращены в очень плодородные земли.

Солончаковые пустыни - наиболее безжизненный вид пустынь. Поверхность их покрыта корочкой соли, которая вытянута испаряющейся водой из глубины. Роль ветра в этих пустынях сводится к выдуванию солей и пыли с поверхности шора. Очень часто поверхность шора разбивается трещинами.

Геологическая работа ветра в основном вредна для человека, т.к. в результате неё уничтожаются плодородные земли, разрушаются постройки, нарушаются транспортные коммуникации. Выделяются два вида борьбы: пассивная и активная. Первый вид сводится к мерам, направленным на закрепление песчаных полей, подвергающихся перевеванию, деревьями. Второй вид - управление ветровой энергией. Создаются преграды, ослабляющие силу ветра или изменяющие направление переноса: плетни, заборы, лесополосы и др.