**Выветривание**

Процесс разрушения и изменения горных пород в условиях земной поверхности под влиянием механического и химического воздействия атмосферы, грунтовых и поверхностных вод и организмов. По характеру среды, в которой происходит В., различают атмосферное и подводное (см. *Гальмиролиз*). По роду воздействия В. на горные породы различают: физическое В., ведущее только к механическому распаду породы на обломки; химическое В., при котором изменяется химический состав горной породы с образованием минералов, более стойких в условиях земной поверхности; органическое (биологическое) В., сводящееся к механическому раздроблению или химическому изменению породы в результате жизнедеятельности организмов. Своеобразным типом В. является почвообразование, при котором особенно активную роль играют биологические факторы. В. горных пород совершается под влиянием воды (атмосферные осадки и грунтовые воды), углекислоты и кислорода, водяных паров, атмосферного и грунтового воздуха, сезонных и суточных колебаний температуры, жизнедеятельности макро- и микроорганизмов и продуктов их разложения. На скорость и степень В., мощность продуктов В. и на их состав, кроме перечисленных агентов, влияют также рельеф и геологическое строение местности, состав и структура материнских пород. Подавляющая масса физических и химических процессов В. (окисление, сорбция, гидратация, коагуляция) происходит с выделением энергии. Обычно виды В. действуют одновременно, но в зависимости от климата тот или иной из них преобладает. Физическое В. происходит главным образом в условиях сухого и жаркого климата и связано с резкими колебаниями температуры горных пород при нагревании солнечными лучами (инсоляция) и последующем ночном охлаждении; быстрое изменение объёма поверхностных частей пород ведёт при этом к их растрескиванию. В областях с частыми колебаниями температуры около 0°С механическое разрушение пород происходит под влиянием морозного В.; при замерзании воды, проникшей в трещины, объём ее увеличивается и порода разрывается. Химические и органические В. свойственны главным образом пластам с влажным климатом. Основные факторы химического В. — воздух и особенно вода, содержащая соли, кислоты и щелочи. Водные растворы, циркулирующие в толще пород, помимо простого растворения, способны производить также сложные химические изменения

В результате окисления карбонатов накапливаются гидроокислы железа, а окислы кальция и магния подвергаются существенному выносу, что приводит к увеличению содержания минералов-примесей, устойчивых в гипергенных условиях. В связи с этим свежие карбонатиты даже при ничтожном содержании ниобия, тантала, редких земель и фосфора при В. могут дать промышленные месторождения этих элементов. При В. угля (физическом) происходят его разрыхление до образования угольной сажи, потеря блеска, изменение мощности пластов; в составе углей при химическом В. содержание углерода, водорода уменьшается, а кислорода в органической массе увеличивается, кроме того, увеличивается влажность угля, понижается способность его к спеканию, уменьшается теплопроводность.

В тех случаях, когда продукты В. не остаются на месте своего образования, а уносятся с поверхности выветривающихся пород водой или ветром, нередко возникают своеобразные формы рельефа, зависящие как от характера В., так и от свойств горных пород, в которых процесс как бы проявляет и подчеркивает особенности их строения. Для изверженных пород (гранитов, диабазов и др.) характерны массивные округлённые формы В.; для слоистых осадочных и метаморфических — ступенчатые (карнизы, ниши и т.п.). Неоднородность пород и неодинаковая устойчивость их различных участков против В. ведёт к образованию останцов в виде изолированных гор, столбов, башен и т.п. Во влажном климате на наклонных поверхностях однородных сравнительно легко растворимых в воде пород, например, известняков, стекающие воды разъедают неправильной формы углубления, разделённые острыми выступами и гребнями, в результате чего образуется неровная поверхность, известная под названием *карров*. В процессе перерождения остаточных продуктов В. образуется много растворимых соединений, которые сносятся грунтовой водой в водные бассейны и входят в состав растворённых солей или выпадают в осадок. Процессы В. приводят к образованию различных осадочных пород и многих полезных ископаемых: каолинов, охр, огнеупорных глин, песков, руд железа, алюминия, марганца, никеля, кобальта, россыпей золота, платины и др., зон окисления колчеданных месторождений с их полезными ископаемыми и др.

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 (биологохимическое) выветривание:* минералы и горные породы физически и главным образом химически изменяются под воздействием жизнедеятельности организмов и органического вещества, образующегося при их разложении.

**Ме****ханическое (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 (> 40oC) 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. Первичная отдельность может быть выражена лишь невидимыми простым глазом трещинами, но при выветривании эти трещины легко расширяются и способствую разрушению породы, обусловливая 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.*

Породы со слоистой или сланцеватой текстурой под влиянием инсоляции распадаются по плоскостям на плитки, расслаиваются, разлистовываются. 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, где имеются плоские горизонтальные поверхности, 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, как их называют в Сахаре, гаммады. Это области горизонтально лежащих пластов, образующих 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.

**Химическое выветривание**

Наиболее активные агенты: О2, СО2 и вода, а при органическом выветривании и органические кислоты. Особенно велика в этом отншении роль воды, несущей в себе растворы солей и газов. Химическое выветривание может быть выражено несколькими типами, главные из которых: растворение, окисление, восстановление, карбонатизация.

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 выносится 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.

Пример разложения полевых шпатов:

Полевые шпаты промежуточные минералы каолинит

K, Na[AlSi3O8] (гидрослюды, гидрохлориты) Al4[Si4O10](OH)8

Ca[Al2Si2O8]

*(катионы K, Na, Ca при взаимодействии с СО2 превращаются в карбонаты и уносятся или остаются на месте; каркасная структура переходит в слоевую; кремнезём частично выносится в растворе, частично переходит в коллоид и выпадает в виде геля SiO2 - опала, частично остаётся в каолините)*

При выветривании в тропических условиях иногда нарушается связь между Al и Si и образуются минералы бокситов Al2O3.nH2O и опал.

Глины, образующиеся при выветривании породы, одевают её слоем, предохраняющим от дальнейшего выветривания и представляющим собой кору выветривания. *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, поступление 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.

Окисление и гидратация. 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.

FeS2 + nO2 + mH2O FeSO4 Fe2(SO4)3 Fe2O3. nH2O

*пирит лимонит*

Гидратация - поглощение минералами воды.

CaSO4 + 2H2O = CaSO4. 2H2O

*ангидрит гипс*

Fe2O3 + nH2O Fe2O3. nH2O

*гематит лимонит*

В жарком климате в результате интенсивного прогревания солнечными лучами и испарения влаги вода легко отнимается от окислов Fe. При окислении железа, содержащегося в горной породе, здесь образуются бедные водой или лишённые воды минералы группы гематита (Fe2O3), имеющие красную окраску. Поэтому почвы коры выветривания тропической области характеризуются красной окраской и способны быстро твердеть при высыхании. Такие образования называются *латеритами* (лат. "латер" - кирпич). В латеритах присутствуют глинозём Al2O3 и гидроокислы железа.

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 растовримы в воде и поэтому выносятся ею из формирующейся коры выветривания в подстилающие породы, где часто из них отлагается, образуя стяжения (конкреции). Много карбонатов выносится в грунтовые воды, обусловливая их жёсткость, т.е. неспособность смывать жиры и давать пену в соединении с жиром.

Восстановление является процессом, обратным окислению и заключается в потере веществом части или всего содержащегося в нём химически связанного кислорода. В условиях поверхности суши свободный кислород, содержащийся в атмосфере и водных растворах, обычно приводит к окислению продуктов выветривания и восстановление при этом не может проявляться. Оно участвует в выветривании там, где нет свободного кислорода. В условиях болот все поры пород и покрывающей их рыхлой коры выветривания заполнены водой, в которую за счёт отмирания болотнй растительности поступает много органических веществ. Все они являются сильными восстановителями, так как легко соединяются с кислородом при своём разложении. При этом не только используется весь растворённый в воде кислород, но и отнимается часть его, химически связанная в минералах породы. В результате этого окись железа Fe2O3 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 О2 и обычно отсутствующих в коре выветривания (пирит и др.).

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

**Органическое выветривание**

Разрушение горных пород организмами осуществляется физическим или химическим путём. Простейшие растения - лишайники - способны селиться на любой горной породе и извлекать из неё питательные вещества с помощью выделяемых им органических кислот; это подтверждается опытами посадки лишайников на гладкое стекло. Через некоторое время на стекле появлялось помутнение, свидетельствующее о частичном его растворении. Простейшие растения подготавливают почву для жизни на поверхности горных пород более высокоорганизованных растений.

Древесная растительность иногда появляется и на поверхнсти 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, так как *тургор,* или 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 СО2 - мощные факторы химического 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 привносят 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 логанического 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 осаждается 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.