# Гипергенез

(от греч. hyper - над, сверх, поверх и genesis - происхождение, образование \* a. hypergenesis; н. Hypergenese; ф. hypergenese; и. hipergenesis) - процессы хим. и физ. преобразования минералов и г. п. в верх. частях земной коры и на её поверхности под воздействием атмосферы, гидросферы и живых организмов при темп-pax, характерных для поверхности Земли. Нек-рые исследователи подразделяют Г. на 2 этапа и соответственно выделяют 2 зоны Г.: криптогипергенез, протекающий в анаэробной обстановке, и собственно Г., связанный с аэробными условиями. При таком толковании к Г. следует относить и процессы, протекающие при преобразовании сульфидных м-ний, включая как зону их окисления, так и зону цементации (вторичного обогащения) в нижележащих горизонтах. Согласно сов. учёному Н. Б. Вассоевичу (1962), Г. - важная стадия Литогенеза. Им предложено различать 3 зоны Г.; поверхностную зону супрагипергенеза, зоны мезогипергенеза и протогипергенеза. Главенствующую роль в Г. играют хим. разложение, растворение, гидролиз, гидратация, окисление и карбонатизация. Широко развиты коллоидно-хим. процессы, в частности сорбция, раскристаллизация гелей, переосаждение и явления ионного обмена. Большое значение имеют биогеохим. процессы. В зоне Г. под влиянием разл. факторов происходят образование коры выветривания, зон окисления м-ний, почвообразование, формирование состава подземных вод, вод рек, озёр, морей и океанов, хемогенное и биогенное осадкообразование, ранний диагенез осадков. Среди продуктов Г. - глинистые минералы, образующиеся при выветривании силикатных пород, много соединений типа оксидов, гидрооксидов, солей кислородных к-т (карбонаты, сульфаты, нитраты, фосфаты и др.), хлоридов. В зонах окисления рудных м-ний образуются соединения железа, меди, свинца, цинка (малахит, церуссит, англезит и др.), К числу важнейших факторов, определяющих Г., относят климат. Так, при выветривании силикатных г. п. в условиях умеренного климата возникают глинистые минералы преим. гидрослюдистого типа, а при выветривании этих же пород в тропиках образуются каолиновые глины и бокситы. В результате Г. формируются м-ния; остаточные (руды никеля, железа, марганца, магнезит, бокситы, каолинит); инфильтрационные (руды урана, меди, самородная сера); россыпные (золото, платина, минералы титана, вольфрама, олова); осадочные (уголь, горючие сланцы, соли, фосфориты, руды железа, марганца, алюминия, урана, меди, ванадия, гравий, пески, глины, известняки, гипс, яшма, трепел). Термин "Г." введён А. Е. Ферсманом (1922).

**Гипергенез и кора выветривания**

Горные породы, сформировавшиеся в недрах Земли, могут достигать ее поверхности. В этом случае они попадают в условия, которые отличаются от тех, в которых они сформировались. В новых условиях массивные горные породы теряют первоначальную физическую и химическую устойчивост ь- начинается процесс их разрушения. Весь комплекс физико-химических явлений, происходящих на поверхности Земли, А.Е.Ферсман назвал гипергенезом. В геологической литературе часто встречается старое название этого процесса - выветривание. Но выветривание это лишь часть комплекса явлений, связанная с деятельностью ветра, и его употребление правомерно только в этом узком понимании. Понятие же гипергенеза охватывает все многообразие процессов, которое можно разделить на физическое и химическое разрушение. Оба эти типа проявляются совместно, хотя в разных условиях один из них может преобладать над другим. Рассмотрим каждый из этих процессов.

Физическое разрушение или дезинтеграция - происходит в силу ряда причин.

1. Дилатация -означает расширение, растяжение - под этим термином понимают разрушение горных пород, связанное с их расширением. Это происходит, когда горные породы сформировавшиеся в условиях высоких давлений, попадают на поверхность Земли. Здесь величина давления резко падает до нормального атмосферного. Сжатые и уплотненные под высоким давлением горные породы, не испытывая внешнего давления начинают расширяться и при этом образуются трещины.

2. Температурное разрушение - вызвано суточными и сезонными колебаниями температуры. Предполагают:

- что разные породообразующие минералы обладают разными скоростями нагревания и охлаждения. Эта разница приводит к ослаблению сил сцепления между зернами минералов и растрескиванию горных пород;

- в горных породах в различном количестве всегда есть микротрешины и поры. В условиях низких температур, попавшая в них вода замерзая, увеличивается в объеме и тем самым оказывает давление, за счет которого микротрещины увеличиваются и это влечет растрескивание пород. В условиях сухого и жаркого климата, вода по трещинам устремляется к поверхности и испаряется. При этом могут кристаллизоваться соли, содержащиеся в воде, которые также оказывают давление на трещины и приводят к разрушению.

3. Механическое разрушение пород растениями - корневая система проникает по трещинам, расширяя и увеличивая их, что и приводит к разрушению пород.

4. Химическое разрушение - в поверхностных условиях происходят химические реакции, которые приводят к образованию новых минералов, устойчивых в этих условиях. Химическими реагентами являются поверхностные и подземные воды, часто минерализованные и содержащие О 2, СО 2 и т.п. Основные типы химического разрушени я- растворение, окисление, гидратация и гидролиз. Рассмотрим их.

Растворение происходит под действием воды минералов и горных пород. Наиболее растворим ы- карбонаты, галоиды, сульфаты. Образующиеся при этом пустоты в массиве горных пород приводят к обвалам и разрушению. Установлено, что химические элементы, входящие в состав горных пород, обладают разной способностью растворяться и выноситься, т.е. подвижностью.

По этому признаку они группируются на:

|  |  |
| --- | --- |
|  | Элементы  |
| энергично выносятся  | Cl, Br, J,S  |
| легко выносятся  | Ca, Na, K  |
| подвижные инертные  | SiO2, Mn, P, Cu, Ni, Co Al, Fe, Ti  |

Окисление происходит под действием кислорода и воды на минералы, в формулу которых входят Fe, Cu, Mn, Al. Наиболее интенсивно окисление наблюдается в сульфидах. Так для минерала пирита реакция проходит:

FeS2 +mO2 +nH2O → Fe2O3. nH2O (лимонит),

большое количество которого над сульфидными месторождениями называют “железная шляпа”.

CuFeS2 +H2O+O2 +CO2 → Cu2O+Cu2 (CO3)(OH)2 +Fe2O3 nH2O

халькопирит куприт малахит лимонит

Гидратация - процесс вхождения в кристаллическую решетку минералов молекулы воды. Типичный пример- превращение ангидрита в гипс:

CaSO4 +2H2 O → CaSO4 H2O

ангидрит гипс

Гидролиз - процесс разрушения кристаллической решетки под действием воды и ионов в силикатах и алюмосиликатах. Например, у полевых шпатов:

* каркасная структура превращается в слоевую,
* из кристаллической решетки выносятся растворимые соединения К, Na, Ca;

Процесс гидролиза проходит в несколько стадий, количество которых как и конечный продукт зависят от климатических условий. Так при умеренном климате ортоклаз превращается в каолинит, и на этом процесс завершается. Но если эта реакция происходит при жарком и влажном климате, то процесс гидролиза продолжается и каолинит переходит в боксит (окислы и гидроокислы Al).

В последние десятилетия геологи большое значение стали придавать процессам гипергенеза, происходящих под водой, с общим названием гальмиролиз. В результате образуются Fe-Mn-Si руды, глауконит и глины.

Рассмотренные различные процессы гипергенеза, как правило, протекают совместно. Но интенсивность каждого из них не одинакова и, зависит прежде всего от климата, т.е. от количества осадков и температуры. Н.М.Страхов (плакат) показал как в разных климатических зонах изменяется соотношение между химическим и физическим процессами разрушения.

Продукты гипергенез а - минералы и горные породы. Они могут оставаться на месте или перемещаться в условиях расчлененного рельефа.

Элювий - это продукты физического разрушения, оставшиеся на месте после своего образования. Они представляют собой обломочный материал разного размера - от глыб (курумы) до элювиальных песков и глин.

Коллюви й - те же продукты физического разрушения, но смещенные к подножию склона горы (осыпи, обвалы). Причем их перемещения быстрые.

Формирование коры выветривания

Кора выветривания - это специфический продукт физического и химического процессов гипергенеза. Её формирование проходит в несколько стадий:

1. Обломочна я - преобладает физическое разрушение горных пород (дезинтеграция).

2. Сиаллитная - преобладает гидролиз с образованием глинистых минералов (каолинит, нонтронит).

3. Аллитная - преобладает окисление глинистых минералов до оксидов и гидрооксидов Fe, Al, Mn, Si. Образуются минералы - лимонит, гематит, боксит, пиролюзит, опал, халцедон. Продукты этой стадии окрашены в красно-бурый цвет и похожи на обожженый кирпич, поэтому их еще называют латеритами (later-высушенный кирпич).

Развитие всех стадий зависит от климата, рельефа, состава материнских пород и т.д. В свою очередь минеральный состав коры выветривания зависит от того, сколько стадий гипергенеза протекало в массиве горных пород и каким был первичный химический состав этих исходных (или материнских) пород. Кора выветривания ультраосновных пород отличается минеральным составом от коры, образованной по породам кислого состава.

Коры выветривания по времени своего образования делятся на современные и древние.

К современным относится почва - представляет собой продукт биохимического процесса, в котором ведущую роль играют продукты биохимических реакций остатков растительности.

Древние коры выветривания (см. пример) формировались на разных геологических этапах развития земной коры и их возраст достигает млн. и млрд. лет.

По форме и условиям залегания коры выветривания делятся на площадные и линейные.

Полезные ископаемые - продукты гипергенеза

1. Обломочные МП И- элювиальные россыпи Au, Pt, Sn, алмазов. Образуются благодаря устойчивости минералов к разрушению и накоплению их в элювии.

2. Остаточные коры выветривания (т.е. после формирования коры выветривания новообразованные минералы остаются на месте). С ними связаны МПИ Ni, Co, Cr, Fe, каолиновых глин, бокситов.

3. Инфильтрационные - образуются за счет растворения полезных компонентов при гипергенезе из одних пород и перенос их водными растворами и осаждение в других породах. Таков способ образования некоторых месторождений урана, ванадия, железа и других полезных ископаемых.

**Литогенез**

(от лито... и...генез), совокупность природных процессов образования и последующих изменений осадочных горных пород. Гл. факторы Литогенез — тектонические движения и климат. Понятие о Литогенез впервые было введено в 1893—94 И. Вальтером, который выделил в процессе образования осадочных пород 5 основных фаз: выветривание горных пород, денудация (включая перенос исходного материала осадков), отложение, диагенез и метаморфизм. В цикле Литогенез различают следующие стадии Литогенез: 1) образование и мобилизация исходного вещества осадков в процессе физического и химического разрушения материнских пород и его перенос к месту захоронения — поверхностный гипергенез; 2) поступление осадков в конечные водоёмы стока и окончат. осаждение — седиментогенез; 3) физико-химическое уравновешивание насыщенного водой осадка, завершающееся преобразованием его в осадочную породу — диагенез; 4) дальнейшие изменения породы по мере увеличения глубины её захоронения под влиянием возрастающих температуры и давления, а в некоторых случаях и воздействия водных растворов и газов — катагенез (иногда эту стадию неточно называют эпигенезом); 5) последующее преобразование состава пород, особенно глинистых, при дальнейшем их погружении — метагенез, или собственно метаморфизм; чаще всего проявляется в геосинклиналях.

Некоторые исследователи (советские геологи Н. М. Страхов, Н. В. Логвиненко и др.) относят к Литогенез только гипергенез, седиментогенез и диагенез, а метагенез рассматривают как самостоятельную стадию между катагенезом и метаморфизмом.

Смена погружения данного участка земной коры его подъёмом прерывает прогрессивный Литогенез на одной из его стадий и обусловливает наступление регрессивного Литогенез, завершающегося гипергенезом, сначала скрытым, или подземным (протекающим в анаэробных условиях), а затем — поверхностным, когда породы подвергаются денудации, замыкающей один цикл Литогенез и начинающей новый.

Советский геолог Н.М. Страхов впервые (1956) выделил основные типы Литогенез: ледовый, гумидный, аридныий и вулканогенно-осадочный, существовавшие, по-видимому, начиная с послерифейского времени. При ледовом литогенезе процессы осадкообразования происходят на участках материков, покрытых льдом; Литогенез протекает в форме механического породообразования с невыраженной дифференциацией вещества. Гумидный литогенез типичен для породообразования на суше и в морях в условиях влажного климата. При аридном литогенезе породообразование происходит на материках и в морях в условиях засушливого климата. Вулканогенно-осадочный литогенез характеризуется породообразованием на участках с наземным и подводным вулканизмом и на прилежащих к ним территориях (см. Вулканогенно-осадочные породы). Первые три типа Литогенез обусловлены климатом, и поэтому они распространены на поверхности Земли зонально, причём наиболее четко они выражены на платформах. Вулканогенно-осадочный Литогенез не зависит от климата и проявляется интразонально, главным образом в геосинклинальных областях, т. е. на площадях, наиболее тектонически активных. Каждый тип Литогенез обладает характерным сочетанием осадочных пород, выражающих специфический ход механической и химической осадочной дифференциации, а также биогенных процессов и вулканизма.

С Литогенез как процессом осадочного породообразования связано формирование очень многих самых различных полезных ископаемых, в том числе углей ископаемых, нефти, природных горючих газов, железных и марганцевых руд, бокситов, фосфоритов, россыпей и мн. др.

**Литогенез и осадочные горные породы**

**Осадочные горные породы** - это породы сформировавшиеся на поверхности или в приповерхностной части Земной коры за счет осаждения продуктов экзогенных процессов. Сами экзогенные процессы по направленности и результатам можно условно разделить на 3 группы:

**Разрушительные - промежуточные − созидательные**

К первой группе относятся:

* гипергенез
* геологическая деятельность ветра, водных потоков, ледников, озер и болот, подземных вод, морей.

**В результате этих процессов образуются:**

* рыхлый обломочный материал,
* новые минералы и минерализованные растворы.

Вновь образованный рыхлый материал и минералы могут оставаться на месте своего формирования (кора выветривания) или перемещаться. При перемещении или транспортировке и происходят промежуточные процессы. В зависимости от расстояния, скорости перемещения, объема и размеров переносимого материала и ряда других факторов могут продолжаться дальнейшее разрушение и начаться частичная аккумуляция (или осаждение) переносимого материала.

Разрушение при транспортировке - это:

* превращение крупных обломков в мелкие,
* превращение угловатых обломков в окатанные,
* сортировка обломочного материала по размерам (вертикальная и латеральная).

Частичная аккумуляция происходит обычно при транспортировке материала на большие расстояния или при резкой смене условий транспортировки. Происходит разделение рыхлого материала. Одна его часть перемещается дальше, а другая оседает. При этом может происходить укрупнение размеров обломков. Так, при разрушении горных пород могут высвобождаться мелкие частицы самородного золота, платины и других элементов. При частичном осаждении за счет магкости и гибкости мелкие золотины слипаются и образуют комок золотин или самородок.

Созидательные процессы включают:

* осадконакопление или седиментогенез;
* преобразование рыхлых осадков в твердую горную породу - диагенез.

Основными факторами осадконакопления являются рельеф, геохимическая обстановка и среда (водная или воздушная). Отложение частиц может быть временным и постоянным.

Начнем рассмотрение со среды осадконакопления. Она может быть водной и воздушной.

Водная среда - озера, реки и главным образом моря. Здесь формируются осадки трех типов- обломочные, биогенные и хемогенные.

Воздушная среда - участки суши вне водной среды. Осадки здесь представлены обломочными и хемогенными типами.

Геохимическая обстановка определяет химическую осадочную дифференциацию вещества, которая по Л.В.Пустовалову - последовательное осаждение минеральных веществ в речных, морских и прибрежных водоемах вследствие различных химических процессов.

Основными причинами химической дифференциации являются:

* изменение pH в природных водах,
* различие в ЕН- т.е. окислительно-восстановительного потенциала в зоне осадкообразования.

Так установлено, что последовательность осаждения гидрооксидов металлов из природных вод происходит при изменении рН cреды:

гидрооксид рН

Fe(OH)3 2.0

Al(OH)3 4.0

Fe(OH)2 5.5

Mn(OH)2 8.5

Mg(OH)2 ~ 10.0

Окислительно-восстановительный потенциал определяет форму минеральных соединений- окисную, силикатную или карбонатную. Эти переходы, т.е. дифференциация также имеет направленность:

Суша — побережье — море

окислы — сульфаты и — карбонаты и

галоиды силикаты Fe, Ca, Mg

Влияние рельефа на осадконакопление заключается:

1. В общем плане все пониженные участки рельефа являются потенциальными областями аккумуляции осадков.

2. Влияние рельефа на мощность осадков.

3. На зональное распределение обломочного материала. Рассмотрим это явление на примере рельефа ложа Мирового океана(плакат).

В нем выделяют несколько областей - прибрежная, мелководная, батиальная (глубоководная) и абиссальная. Поступающий с континента обломочный, рыхлый материал в условиях неровностей рельефа начинает разделяться по размеру и весу обломков. Легкие и мелкие обломки уносятся в более глубокие пониженные области, а крупные оседают в прибрежных, мелководных зонах. Таким образом происходит дифференциация по размерам обломков (или еще называют это сортировкой) т.е.:

крупные→средние→ мелкие (глинистые) →илы

Таким образом, на стадии седиментогенеза закладываются основные свойства осадков - это минеральный состав, размер и форма обломочных частиц и условия их залегания.

Свежесформированные осадки образуют рыхлые слои, обводненные и насыщенные химически активными соединениями. Для такого осадка характерно отсутствие физико-химического равновесия между твердыми, жидкими и газообразными компонентами. Начинается новая стадия, называемая диагенез, в которую рыхлые осадки под действием совокупности процессов переходят в твердую сцементированную осадочную породу. Рассмотрим основные из этих процессов, последовательность их проявления и результаты.

1. Изменяется состав воды в осадке и бассейне седиментации. Вода осадков обогащается углекислым газом, сероводородом, метаном, но теряет кислород и сульфаты. Изменяется ее рН. Это дает толчок новым процессам:

-начинается физико-химическое взаимодействие вод осадка и вод бассейна. Избыток газов поступает в воды бассейна, а из них в осадок поступают О2 и ионы SO4-2 и Са+2 и Mg+2.

- в осадке начинается образование новых минералов.

В ходе этих процессов в осадке происходит выравнивание геохимической обстановки. Одновременно происходит вытеснение воды из осадка и его уплотнение. Уплотнение происходит за счет давления новых порций осадков, а также за счет цементирующего действия новообразованных минералов. Осадок переходит в осадочную горную породу.

Таким образом, мы рассмотрели гипергенез, седиментогенез и диагенез, которые являются частью (или стадиями) единого процесса образования осадочной горной породы- литогенеза.

В разных климатических зонах литогенез протекает по-разному. Н.М. Страхов выделяет 3 типа литогенеза: ледовый (нивальный), гумидный и аридный. Кратко рассмотрим их.

1. Нивальный тип - преобладает физическое разрушение, образование крупнообломочных пород типа морен, отложений озер (при таянии льдов), а в морях образуются кремнистые илы за счет диатомовых водорослей.

2. Гумидный тип- разнообразие процессов при гипергенезе и диагенезе приводит к образованию разнообразных осадочных пород.

3. Аридный тип- преобладает температурное разрушение в воздушной среде и образование мелкообломочных пород типа песков и лессов. В мелководных озерах и мирских заливах при повышенной концентрации солей в воде образуются залежи солей, гипса и др. пород, которые объединяются общим названием эвапориты.

Особое положение занимает эффузивно-осадочный литогенез. Этот процесс развивается в областях вулканизма, когда твердые продукты извержения - от бомб до пепла оседают и накапливаются в водной или воздушной среде, смешиваясь при этом с нормально-осадочными продуктами.

В условиях, когда осадочные породы продолжая находиться в верхних горизонтах земной коры, то в них протекает совокупность процессов с общим названием катагенез. Это процесс изменения осадочной породы при котором сохраняется ее строение и минеральный состав. Процессы катагенеза протекают в условиях медленного и длительного опускания осадочных пород или их подъема. Масштаб изменения глубин незначительный ~3-7 км. Тем не менее, начинают изменяться температура, давление и воздействие подземных вод, которые являются основными факторами катагенеза. Происходит уплотнение и обезвоживание пород, растворение одних минералов и образование других, перекристаллизация минералов. В процессе катагенеза могут образоваться скопления пирита, марказита, халцедона и других минералов. В случаях, когда осадочные породы содержат органические соединения- в зоне катагенеза происходит их преобразование. При температуре=60-150оС и до глубины 5км образуются жидкие и газообразные углеводороды. Глубже 5 км и >150о происходит разложение нефти и образование газа метана.

При переходе пород из зоны катагенеза на глубины > 5км и температуры >150-300о процессы преобразования могут изменить структуру и минеральный состав пород. В этом случае говорят о метагенезе или начальной стадии метаморфизма.

В результате всех этих процессов образуются осадочные горные породы. Уже по продуктам, образующимся на разных стадиях литогенеза можно представить себе вещественный состав осадочных пород. Среди главных породообразующих компонентов выделим:

1-реликтовые минералы и обломки пород - терригенный материал;

2-минералы осадочного генезиса(опал, оксиды и гидрооксиды железа, сульфаты фосфаты галоиды и т.д.)

3-органические остатки,

4-вулканический материал.

Строение осадочных пород характеризуют структура и текстура.

Структура- определяется размером и формой обломков и минералов, Текстура - их взаимным расположением и ориентировкой в пространстве.

## Классификация осадочных пород

Основной принцип - по вещественному составу и генезису сохраняется. В этом случае все породы делятся на 3 группы: обломочные, хемогенные и биогенные, глинистые. Такое деление детализировал Страхов, который выделил 10 групп:

1-обломочные 5-марганцовистые 8-карбонатные

2-глинистые 6-фосфатные 9-соли

3-аллитные (глиноземистые) 7-кремнистые 10-каустобиолиты

4-железистые

Между этими группами пород существуют переходные разности.

С осадочным процессом связаны разнообразные полезные ископаемые. Это бокситы, железные и марганцевые руды, соли, нефть и газ, угли и горючие сланцы и др.

С рыхлыми обломочными породами связаны россыпи золота, платины, олова, вольфрама, алмазов и др. драгоценных камней.

Сами породы используются как строительный материал, глины как адсорбент.