



ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЯ

Процессы внешней динамики

Геологическая деятельность поверхностных текучих
и подземных вод. Карстовые процессы

Геологическая деятельность поверхностных текучих вод.

Водные потоки производят огромную геологическую работу на поверхности суши. Реки, ручьи, ручейки переносят основную массу продуктов выветривания, вынося их в озера, моря и океаны. Вода, выпадая в виде атмосферных осадков, просачивается в верхние слои земной коры, образуя грунтовые воды, которые и дают начало рекам.

Затем из них, озер и морей вода испаряется, снова выпадая на поверхность суши. Так осуществляется круговорот воды.

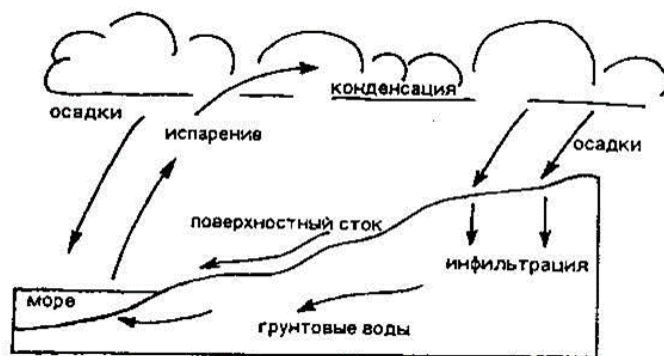
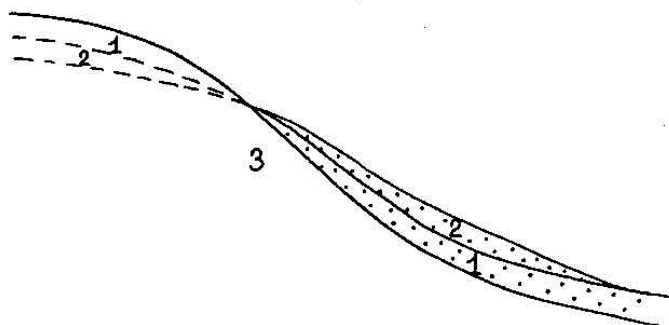


Схема гидрологического цикла

Дождевая эрозия. Любой дождь производит большую работу. Падающие капли, выбивая тонкий пылеватый материал, оставляют на поверхности маленькие столбики почвы, прикрытые сверху более крупными камушками или частицами почвы, а вода стекает по уклону безрусловыми тонкими струйками, которые несут с собой мелкий обломочный материал и образуют делли – плоскодонные неглубокие ложбины. Более глубокие промоины – борозды и рытвины, дают начало овражной сети. Если склон покрыт густой растительностью, то вода, стекая по нему, не вымывает почву, т.к. травяной покров этому препятствует. Но в степных районах ручейки на склонах осуществляют уже большую работу, смывая много почвенного материала. Происходит, как говорят, плоскостной смыв, продукты которого, накапливаясь на вогнутых частях склонов или у их подножья, называются делювием.



Накопление делювиальных отложений у подножия склона. Точки – делювий: 1, 2 - стадии смыва материала со склона, 3 – коренные породы

Делювиальные шлейфы суглинков и супесей обычно широко развиты в равнинных, слабохолмистых областях, а также в горных районах. Т.к., делювиальные отложения формируются плоскостным смывом, в их структуре наблюдаются следы водной сортировки, обогащение отдельных слоев мелкими обломками, дресвой, причем вниз по склону размер обломков уменьшается. Слоистость в делювиальных отложениях всегда параллельна коренному склону и в разрезах делювия нередко наблюдаются горизонты погребенных почв, свидетельствующих о периодах более влажного климата, когда делювиальные шлейфы покрывались

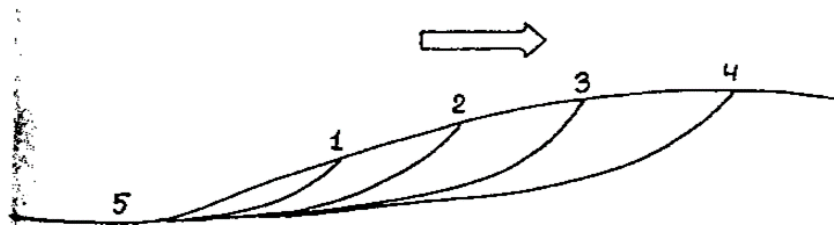
растительностью. Мощность делювиальных отложений обычно несколько метров, но порой достигает и 15-20 м.

Временные водные потоки

Временные водные потоки возникают при выпадении атмосферных осадков или при таянии снегов. В остальное время сток в равнинных условиях приводит к формированию оврагов, т.к. отдельные безрусловые потоки сливаясь в более крупный ручей, способны размывать склоны, эродировать их, образуя уже более глубокие борозды – зарождающиеся овраги.

Образование оврага начинается с неглубокой борозды или рытвины на склоне. В дальнейшем борозда наряду с углублением, наращивает свою долину как вверх, так и вниз по склону. Продольный профиль зарождающегося оврага в это время неровный, а его устье еще не достигает подножья склона – базиса эрозии и, как бы «висит» на склоне, поэтому и называется висячим. Вершина оврага в это же время продвигается вверх по

склону, овраг как бы «пятится». Такой вид эрозии носит название «регрессивной» или «пятящейся» эрозии.



Пятающаяся эрозия оврага. Рост оврага происходит в направлении стрелки. 1-4 - стадии роста; 5 – базис эрозии оврага

Овраги, если с ними не бороться, растут. Особенно их рост ускоряется там, где на поверхности залегают рыхлые породы, которые быстро размываются. Регрессивная эрозия может за считанные годы вывести из сельскохозяйственного оборота большие площади пахотных земель, т.к. от главного ствола оврага начинают отходить более мелкие ответвления, а от них – еще более мелкие и скоро все пространство покрывается дренажной сетью промоин, рытвин, отвержков (ответвлений) и оврагов.

Чтобы замедлить или прекратить рост оврагов, следует перегораживать их долины, начиная от верховий, поперечными препятствиями, которые замедляли бы сток воды. Еще лучше ликвидировать в зародыше рытвины и промоины. Многие районы Мира с легко размываемыми породами, например, лёссами и лёссовидными суглинками, покрыты сплошной сетью оврагов. Такие участки называются бедленды.



Временные горные потоки.

Во многих горных районах под влиянием бурного, летнего таяния снегов и ледников, а также в результате

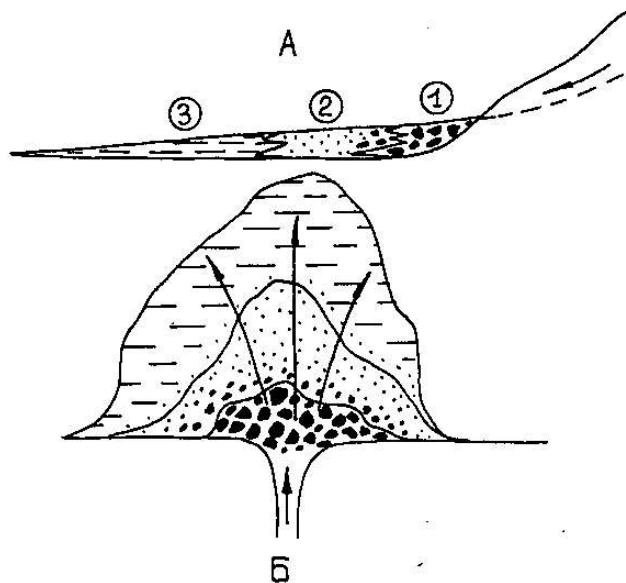
кратких, но сильных грозовых ливней, возникают мощные временные водотоки, нередко содержащие в себе очень много обломочного материала (до 100-150 кг/м³) и обладающие поэтому большой плотностью, оказывающие разрушительное воздействие на любые препятствия, склоны и русла долин временного стока. Такие высокоплотностные потоки называются селями (арабск. сайль – бурный поток). Когда количество обломочного материала достигает в потоке 80%, это уже не водный, а грязекаменный поток. В таком потоке плывут и не тонут каменные глыбы диаметром до 2-х и более метров.



Сели возникают внезапно и производят большие разрушения на своем пути. Особенно часто их образование связано с прорывом высокогорных озер, расположенных в конечных моренах высокогорных ледников (рис.6.1.6). Сели – это стихийное бедствие, которое можно предсказать, если создать специальную службу, следящую за опасными местами возникновения селей. Другой способ – это воздвигнуть поперек селеопасной долины высокую дамбу, служащую уловителем селя.

Кроме селевых, бурных водных и грязекаменных потоков, в горных областях развиваются также временные водотоки, возникающие во время дождей. Такие водотоки обычно подразделяются на 3 части: 1) верхнюю – водосборный бассейн; 2) среднюю – канал стока; 3) нижнюю – бассейн разгрузки или конус выноса. При выходе на равнину такие временные водные потоки откладывают материал, который они несли, в виде веерообразного в плане устьевых конуса выноса или фена, или сухой дельты. Подобный материал выделен в

особый генетический тип – *пролювий* (лат. пролюо – промываю). Конус выноса образуется потому, что водный поток при выходе на равнину теряет свою живую силу и взвешенный в нем материал, осаждается. конуса выноса или сухие дельты обладают четкой фациальной зональностью: сначала формируется *потоковая*, самая грубая *фа́ция*, потом *веерная* и дальше всех – *застойно-водная*, сложенная наиболее тонким материалом.



Пролувиальный конус выноса. А – продольный профиль: 1 – наиболее грубые отложения – валунные, 2 – песчанистый материал, 3 – глинисто-песчаный; Б – план. Стрелки – направления движения масс.

Геологическая деятельность рек.

Реки производят большую эрозионную и аккумулятивную работу. Полноводность и режим рек зависят от способа их питания и от климатических условий. Каждая река в зависимости от поступления в нее водной массы переживает период высокого стояния воды – половодье или паводок и низкого – межень. Для равнинных рек половодье связано с весенним таянием снегов или в случае летних затяжных дождей и ливней. Паводок на горных реках происходит обычно летом, когда быстро тают снега и ледники.

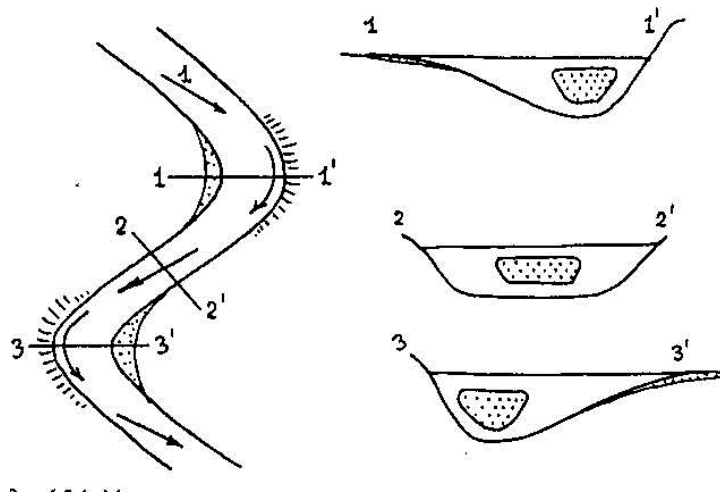
Движение воды в реках контролируется 3-мя факторами: 1) градиентом уклона русла; 2) расходом водного потока; 3) формой русла. Понятно, что чем больше уклон русла, тем быстрее течение реки.

Градиент может колебаться от 8-10 см на 1 км до десятков метров на 1 км в горных речках.

Расход воды определяется объемом потока в единицу времени, на единицу площади, обычно м³/с ($Q =$

$V_{ср} * S$). Скорость реки увеличивается, когда возрастает расход воды, хотя градиент не изменяется.

Форма русла контролирует трение воды о коренные породы, по которым течет река. Вблизи берегов и дна течение медленнее, чем в осевой части реки, которая называется стрежень. Неровное, с выступами русло реки замедляет течение и оно становится турбулентным, хотя и в равнинных реках оно редко бывает ламинарным. Нередко в текущей воде возникают завихрения, водовороты, которые охватывают всю толщу воды и не остаются постоянными, т.к. характер дна со временем изменяется.



Максимальные скорости течения воды в реке в плане, в разрезе. 1 – стрежень, точками показано сечение реки с максимальной скоростью течения. 1-1'; 2-2'; 3-3' – линии поперечных профилей через реку

Процессы эрозии (размыва) и аккумуляции (накопления осадков) в реке зависят от ее энергии или живой силы реки, т.е. способности реки производить работу за счет массы воды и скорости течения.

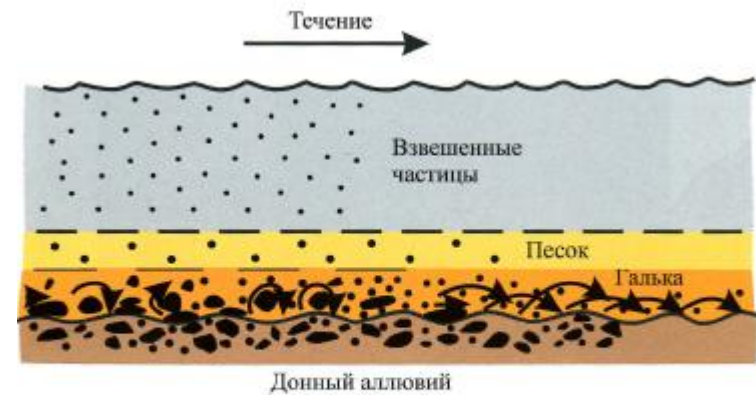
Речная эрозия и ее способы. Эрозионная деятельность реки осуществляется различными способами. Врезание реки происходит, главным образом, при помощи осадков, которые воздействуют на коренные породы ложа реки как *абразивный материал*, но сама вода не обладает абразивными свойствами. Т.к. водный поток влечет по дну материал разной крупности, то последний окатывается, приобретая округлую форму. *Гидравлическое воздействие* воды связано с ее ударным воздействием на рыхлый материал. *Растворяющее действие* воды на породы ложа реки связано с наличием в воде угольной и органических кислот, которыми она насыщается, проходя в истоках через заболоченные,

застойные участки. Такие воды извлекают из пород ионы Na^+ , Ca^{+2} , K^+ . Особенно быстро растворяются карбонатные породы, примерно 5 млрд. тонн ежегодно.

Эродирующее действие реки сказывается в пределах дна, это – донная эрозия, а по берегам реки осуществляется боковая эрозия, сильно зависящая от характера извилистости русла.

Перенос материала в реках осуществляется разными способами: 1- перенос ионов, образовавшихся за счет растворения; 2 – перенос частиц при скорости потока в 2-3 см/с, взвешенных в толще воды. Обычно это тонкий песчаный, алевритовый и глинистый материалы, концентрирующийся в толще воды вблизи дна.

Более крупные частицы – разноразмерный песок, мелкая и крупная гальки переносятся либо путем *сальтации*, т.е. прыжками, либо *перекатыванием* по дну (скорость 15-25 см/с), либо путем *скольжения* по дну наиболее крупных обломков и галек при скорости более 1 м/с



Процесс транспортировки материала в реке. Взвешенные частицы перемещаются в верхней части водной толщи; песчинки – сальтацией; плоская галька – волочением; округлые гальки – перекатыванием

Обломки, попавшие в реку, постепенно уменьшаются в размерах и теряют свой вес, перемещаясь вниз по реке. Способность реки переносить материал усиливается тем, что обломки и частицы теряют в воде до 40% своего веса. Весь материал, перемещаемый как волочением по дну, так и во взвешенном состоянии в воде, называется твердым стоком реки, который в горных реках намного превышает твердый сток в равнинных реках. Во время паводков происходит усиление переноса материала в реке. Перенос материала от истока к устью реки

сопровождается его сортировкой и абразивным истиранием.

Аккумуляция (отложение) материала в реках происходит в самом русле, по берегам реки во время половодья и в устьевой части реки, где образуется конус выноса или дельта. Весь обломочный материал, откладываемый реками, называется аллювием.

Гидрологический режим рек обуславливает формирование аллювия равнинных и горных рек.

Динамические фазы аллювиальной аккумуляции, выделенные Е.В.Шанцером, В.В.Ламакиным и И.П.Карташевым, позволили связать характер аллювия с фазами развития рек.

Инстративный или выстилающий аллювий характерен для ранних стадий развития реки, когда она врежется в горные породы и характеризуется наибольшей грубостью и плохой сортировкой. Такой аллювий располагается только в русле реки.

Субстративный или подстилающий аллювий связан с расширением боковой эрозией речной долины. Этот аллювий менее грубый и он перекрывает выстилающий аллювиальный горизонт.

Констративный или настилающий аллювий характерен для участков реки, испытывающих тектоническое опускание и, вследствие этого, накопление аллювиальных отложений в условиях замедленного стока и постоянно мигрирующего русла. При этом русловые, пойменные и старичные фации перекрываются более молодыми фациями. Горизонты аллювия как бы настилаются один на другой и перекрывают друг друга.

Развитие речных долин и формирование речных трасс

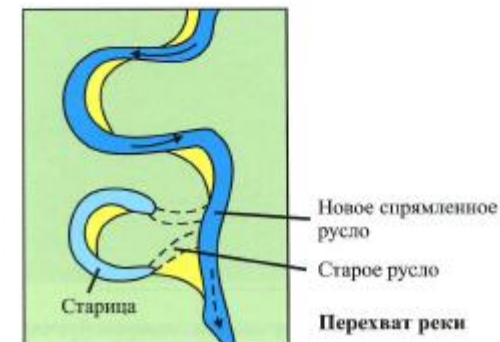
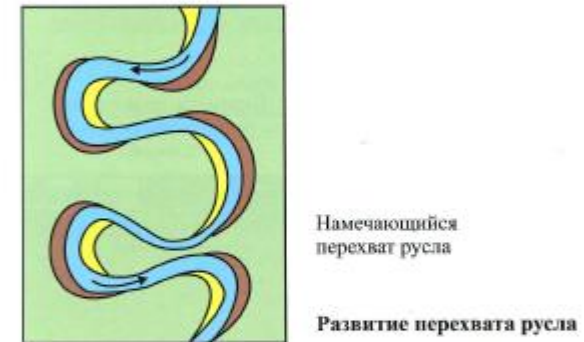
В своем развитии любая река проходит ряд стадий, от молодости до зрелости.

На ранней стадии своего заложения в реке преобладает донная эрозия, узкая, неразработанная долина V – образной формы, грубый, плохо сортированный аллювий, накапливающийся лишь в

отдельных местах и часто сносимый в половодье. Продольный профиль долины реки в эту стадию крутой в верховьях, изобилует неровностями и перепадами.

Зрелая стадия формирования реки предполагает расширение долины за счет усиления боковой эрозии вследствие меандрирования. Начинает формироваться пойма, как низкая, так и высокая, образуются террасы, продольный профиль реки становится выровненным, стремящимся приблизиться к базису эрозии. Меандровый пояс во много раз шире самой реки, поэтому долина приобретает ящикообразную форму.

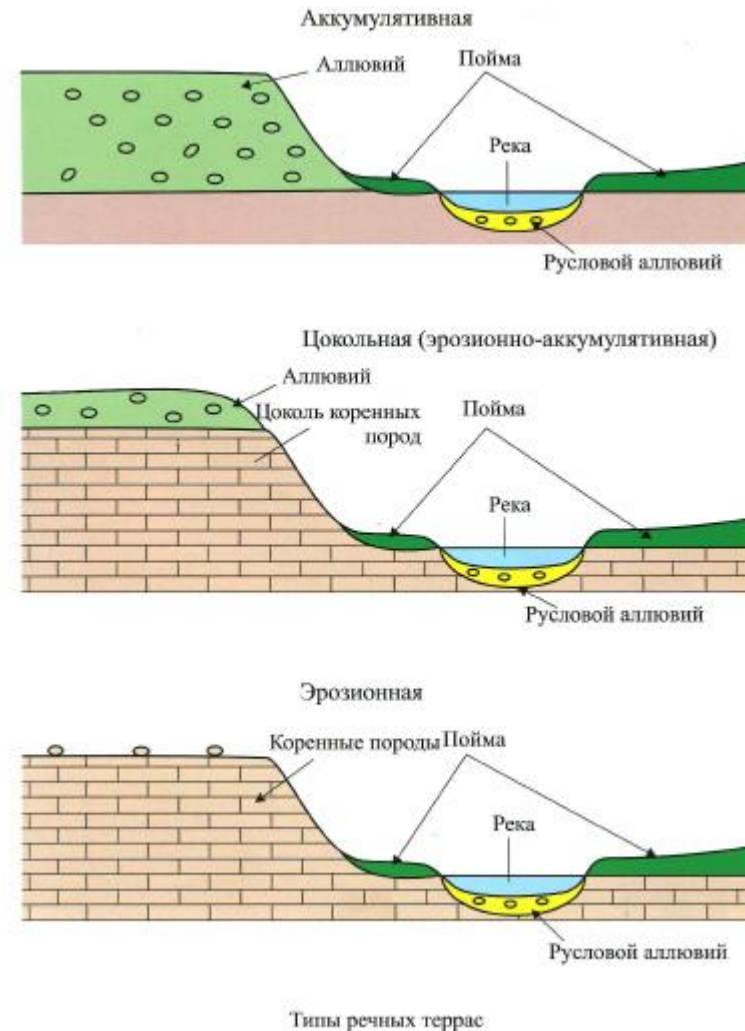
Наконец, в стадии старости долина реки расширяется еще больше, за счет меандрирования образуется много заболоченных стариц, продольный профиль выполаживается еще больше, течение замедляется. Река не может переносить много материала и постепенно заиливается и зарастает.



Развитие речных меандр и образование старицы

Однако на подобный идеальный ход эволюции реки и речной долины влияет много факторов И, прежде всего, тектонические движения и изменения базиса эрозии. Понижение базиса эрозии сразу же вызывает усиление врезания реки, более активный вынос аллювия, формирование террас.

Тектонические неравномерные движения оказывают большое влияние на формирование речной долины и ее профиля равновесия. Тектоническое поднятие района по которому протекает река, вызывает изменение продольного профиля реки, ее врезание, сужение долины. Если долина к этому времени уже была хорошо разработана, то река стремясь выработать новый профиль равновесия, врезается в дно долины, образуя террасу. И так может продолжаться несколько раз. В долине реки вырабатывается лестница надпойменных террас, которая является отражением тектоники. Террасы бывают 3-х видов: 1) аккумулятивные, 2) цокольные, 3) эрозионные.



Аккумулятивные надпойменные террасы полностью сложены аллювием, что хорошо видно в их уступе. В цокольных террасах обнажаются коренные

породы – цоколь, перекрытые аллювиальными отложениями, а в эрозионных террасах выражена только площадка, но аллювий отсутствует или на выровненной поверхности террасы располагаются его остатки, иногда лишь отдельные гальки.

В любой террасе различаются: площадка – выровненная поверхность, уступ террасы с бровкой – местом перегиба склона и тыловой шов, располагающийся там, где площадка нижележащей террасы сочленяется с уступом вышележащей или с коренным склоном.

Тектонические поднятия или опускания могут захватывать не все пространство течения реки. Они проявляются лишь местами, поэтому террасовый ряд на крупных реках имеет сложный характер, анализируя который можно выявить направленность и скорость тектонических движений.

Реки очень чутко реагируют на любые тектонические движения. Если скорость локального

тектонического поднятия равна скорости эрозии, протекающей здесь реки, то возникает наложенная или antecedentная долина, по существу, ущелье, хотя выше и ниже по течению от этого поднятия, долина реки широкая. Нередко наблюдается такое явление как перехват рек, что видно из рис. Продольные профили рек местами осложняются выступами твердых пород. Тогда на реке образуются пороги, а если уступы пород велики – то водопады.

Как правило, водопады образуются там, где на поверхности, т.е. выше залегают более твердые породы, чем ниже. Вода, обрушиваясь с отвесного уступа вниз с высоты в десятки метров, выбивает в днище реки водобойный колодец, над которым нависает обрыв из более твердых пород, наконец, часть пород обрыва падает вниз и водопад отступает.

Геологическая деятельность подземных вод.

Все воды, находящиеся в порах и трещинах горных пород ниже поверхности Земли, относятся к подземным

водам. Часть этих вод свободно перемещается в верхней части земной коры под действием гравитационных сил, а другая часть находится в очень тонких порах, удерживаясь силами поверхностного натяжения. Подземные воды не могут существовать без обмена с водой поверхностной и активно участвуют в круговороте воды в природе.

Виды воды в горных породах

Вода в горных породах содержится в нескольких различных видах.

1. Кристаллизационная вода находится в составе кристаллической решетки некоторых минералов, например, в гипсе (21% воды по массе), мирабилите (56% воды по массе). Если эти минералы нагревать, то вода высвобождается из кристаллической решетки.

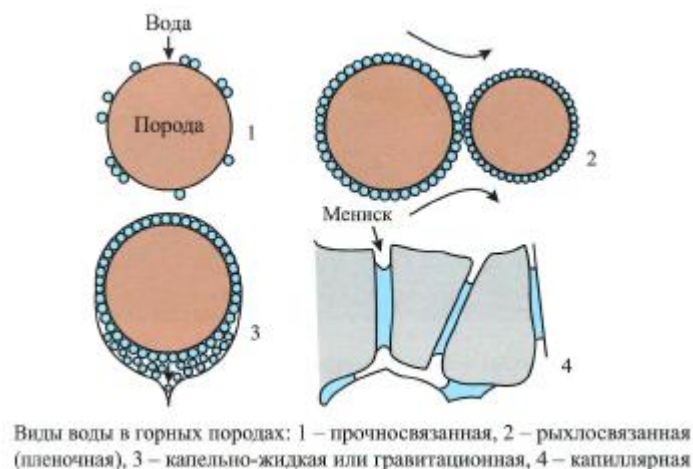
2. Вода в твердом виде встречается в многолетнемерзлых породах в виде кристаллов и прожилков льда. Также лед образуется и при сезонном промерзании воды, содержащейся в горных породах.

3. Вода в виде пара содержится в воздухе, который находится в порах горной породы.

4. Прочносвязанная вода располагается в виде молекулярной прерывистой пленки на поверхности мельчайших частиц таких пород, как глины и суглинки. Эта пленка удерживается силами молекулярного сцепления и не может стечь с поверхности частицы.

5. Рыхлосвязанная вода представляет собой более толстую пленку из нескольких слоев молекул воды на частицы породы. Эта вода обладает способностью перемещаться от более толстой пленке к менее толстой.

6. Капельно-жидкая (гравитационная) вода уже обладает способностью свободно перемещаться в горной породе по трещинам и порам под действием силы тяжести, начиная с верхнего почвенного слоя.



7. Капиллярная вода, как следует из названия, находится в тончайших капиллярных (лат. капиллярис – волосяной) трубочках или порах, в которых удерживается силами поверхностного натяжения с образованием менисков. Капиллярная вода обычно располагается выше уровня грунтовых вод и при этом она может подниматься подтягиваясь вверх от этого уровня на 1,5 – 3 м.

Выше уровня грунтовых вод может располагаться еще одна неширокая кайма капиллярно-подвешенной воды, удерживаемой в тонких порах почвы и подпочвенных горизонтов суглинков и глин.

Подземные воды распределяются в верхней части земной коры вполне закономерно. Самая верхняя часть земной коры, вблизи поверхности, называют зоной аэрации, т.к. она связана с атмосферой и с почвенным покровом. Ниже нее залегает зона полного насыщения, где вода распространена преимущественно в жидком виде, тогда как в зоне аэрации она может быть и парообразной. Если температуры отрицательны, то вода в этих двух зонах может присутствовать и в виде льда.

Таким образом, зона аэрации представляет собой как бы переходный буферный слой между атмосферой и гидросферой. В зоне полного насыщения все поры заполнены капельно-жидкой водой и тогда образуется водоносный горизонт.

Однако горные породы в различной степени проницаемы для воды, что зависит от ряда факторов. Следует подчеркнуть, что пористость и проницаемость не одно и то же.

Горные породы подразделяются на:

1. Водопроницаемые – песок, гравий, галечники, конгломераты, трещиноватые песчаники, доломиты, закарстованные известняки и др. и это несмотря на то, что галечники, прекрасно проницаемые для воды, имеют пористость всего 20%.

2. К слабопроницаемым породам относятся супеси, легкие суглинки, лёссы.

3. Водоупорными считаются всевозможные глины, тяжелые суглинки, плотные цементированные породы.

Пористость и проницаемость некоторых горных пород

Горные породы	Пористость, %	Проницаемость
Гравий и галечник	25–40	Очень хорошая
Песок	30–50	Хорошая
Глина	35–80	Очень плохая
Моренная глина	10–20	Очень плохая
Конгломераты	10–30	Средняя
Песчаники	20–30	Хорошая
Известняки	0–50	Средняя
Вулканические породы	0–50	Плохая–отличная
Граниты:		
монокристаллические	0–5	Очень плохая
трещиноватые	5–10	Плохая

Глины имеют пористость в 50-60%. Все дело в том, что поры в глинах очень тонкие (субкапиллярные) и вода через них не может проникнуть, т.к. задерживается силами поверхностного напряжения. Водопроницаемость

зависит не от количества пор, а от размера и формы слагающих породу зерен и от плотности их сложения.

Способность горных пород накапливать и удерживать в себе воду называется влагоемкостью. Под полной влагоемкостью понимают такое состояние породы, в которой все виды пор заполнены водой. Максимальная молекулярная влагоемкость – это то количество воды, которое остается в горной породе после того, как стечет вся капельно-жидкая гравитационная вода. Оставшаяся вода удерживается в порах силами молекулярного сцепления и поверхностного натяжения.

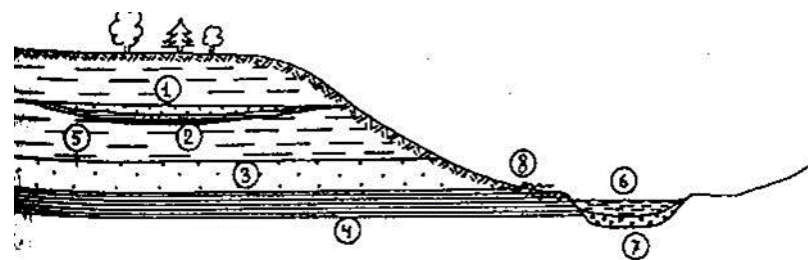
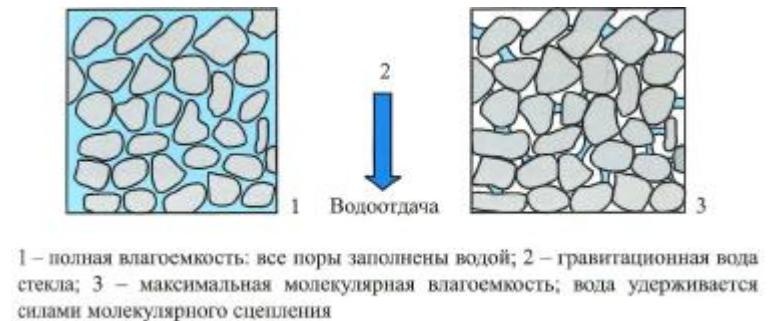


Схема залегания грунтовых вод: 1 – верховодка (водоносный временный горизонт), 2 – локальный водоупор, 3 – водоносный горизонт, 4 – водоупорный горизонт, 5 – зеркало грунтовых вод, 6 – река, 7 – аллювий, 8 – родник

Классифицировать подземные воды можно по разным признакам – по условиям залегания, по происхождению, по химическому составу.

Типы подземных вод по условиям залегания. Выделяются воды безнапорные, подразделяющиеся на верховодку, грунтовые и межпластовые, а также напорные или артезианские.

Верховодка – это временное скопление воды в близповерхностном слое в пределах зоны аэрации, располагающееся в водоносных отложениях, лежащих на линзовидном, выклинивающемся водоупоре. Как правило, верховодка появляется весной, когда тают снега или в дождливое время, но потом она может исчезнуть. Поэтому колодцы, выкопанные до верховодки, летом пересыхают. Временными водоупорами могут быть любые выклинивающиеся линзовидные пласты глин и тяжелых суглинков, располагающиеся в толще водоносных аллювиальных или флювиогляциальных отложений.



Грунтовые воды представляют собой первый сверху постоянный водоносный горизонт, располагающийся на первом же протяженном водоупорном слое. Питаются грунтовые воды из области водосбора в пределах водоносного горизонта. Грунтовые воды могут быть связаны с любыми породами как рыхлыми, так и твердыми, но трещиноватыми.

Поверхность грунтовых вод называется зеркалом, а мощность водосодержащего слоя оценивается вертикалью от зеркала до кровли водоупорного горизонта и она не остается постоянной, а меняется из-за неровностей рельефа, положения уровня разгрузки, количества атмосферных осадков, изгиба кровли

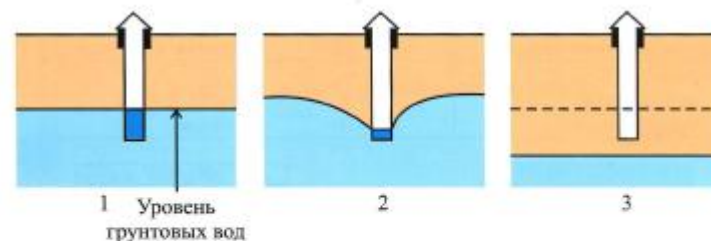
водоупорного слоя. Выше зеркала грунтовых вод образуется кайма капиллярно подтянутой воды.

Движение и режим грунтовых вод.

Зеркало грунтовых вод ведет себя в зависимости от рельефа повышаясь на водоразделах и понижаясь к рекам, оврагам и другим местам дренирования (фр. дренаж – сток). Естественно, что вода в водоносном слое под действием силы тяжести находится в непрерывном движении и стремится достичь наиболее низкого места в рельефе, например, уреза воды в реке, тальвега дна оврага. Именно там, в области разгрузки подземных вод, образуются родники. Вода в водоносном слое перемещается в зависимости от пористости пород, характера соприкосновения частиц, формы и размеров пор, уклона водоносного слоя. Обычно в песках скорость движения воды при небольших уклонах составляет от 0,5 до 2-3 м/сутки.

В зависимости от количества атмосферных осадков объем грунтовых вод может изменяться и летом дебит

(фр. дебит – расход) источников падает, а в сильные засухи родники даже пересыхают. Зеркало грунтовых вод особенно сильно может понижаться в связи с забором воды для промышленных нужд. Вокруг скважин, откачивающих воду, уровень грунтовых вод постепенно понижается и образуется депрессионная воронка.

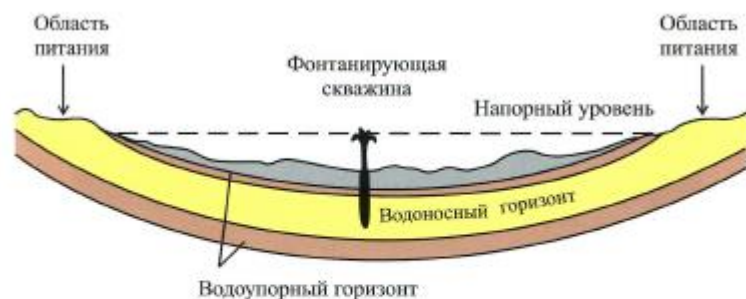


Образование депрессионной воронки (2) в уровне грунтовых вод при усиленном отборе воды из колодца. В конце концов зеркало грунтовых вод понизится и колодец пересохнет (3)

Межпластовые безнапорные подземные воды приурочены к водоносным слоям, располагающимся между двумя водоупорными слоями. Иногда таких водоносных пластов может быть несколько. Если водоносный горизонт обладает большой мощностью и выше его зеркала находится озеро, пруд или река, то

направление течения воды в водоносном горизонте будет проходить по изогнутым линиям, стремящимся к реке.

Напорные или артезианские межпластовые воды образуются в том случае, если водоносный горизонт, зажатый между двумя водоупорными, приурочен либо к пологой синклинали или структурам, в которых возможно образование напорного градиента.



Артезианские или напорные воды, которые фонтанируют из скважины, пробуренной к водоносному слою. Эти напорные воды названы по Артезии – провинции во Франции

Каждый артезианский бассейн включает в себя области: питания, напора и разгрузки. Первая область представляет собой выход на поверхность водоносного слоя, на которую выпадают все атмосферные осадки, питающие этот водоносный горизонт. Область напора

заключена между двумя водоупорами – водоупорной кровлей и водоупорным ложем, а там, где водоносный слой появляется на поверхности, или вскрывается скважинами, но ниже области питания, называется областью разгрузки.

Типы источников. Всем хорошо известны выходы подземных вод на поверхность в виде родников и ключей с холодной, водой. Родники появляются там, где происходит разгрузка водоносных горизонтов.

Нисходящие источники чаще всего располагаются недалеко от уреза воды в долине реки, в нижней части склонов оврагов, там где к поверхности подходят водоупорные горизонты. Источники этого типа связаны как с верховодкой, так и с грунтовыми, а также межпластовыми водами. В источниках нисходящего типа вода изливается спокойно, в виду небольшого угла наклона слоев.

Восходящие источники - это выходы на поверхность в местах разгрузки напорных вод, тогда как

сам водоносный горизонт расположен намного ниже. Вода может подниматься вверх по трещинам или тектоническому разлому.

Вокруг минеральных источников, особенно углекислых вод, на поверхности образуется скопление т.н. известкового туфа или травертина, иногда достигающего нескольких метров мощности. Туф образуется из гидрокарбонатно-кальциевых вод, когда гидрокарбонат $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ переходит в CaCO_3 при уходе в воздух CO_2 – углекислого газа. В травертинах часто находят отпечатки листьев растений, кости древних животных, которые постепенно обвалакиваются известковым туфом.

Карстовые процессы.

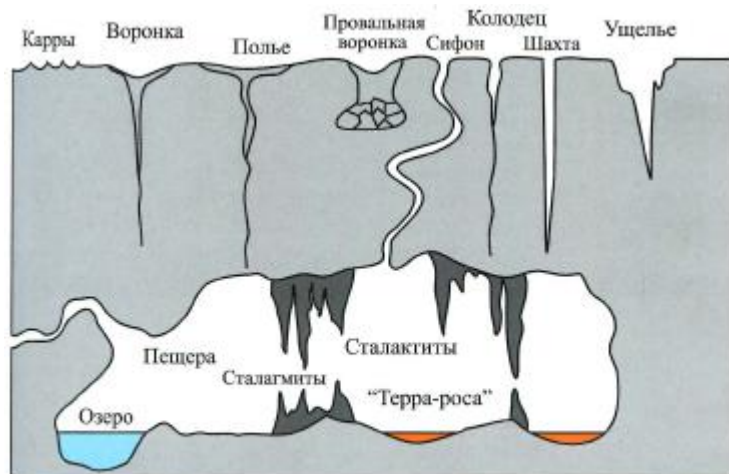
Карстовые процессы развиваются в растворимых природными поверхностными и подземными водами горных породах: известняках, доломитах, гипсах, ангидритах, каменной и калийной солях. Основой процесса является процесс химического растворения пород и процесс выщелачивания, т.е. растворения и вынос

какой-то части горных пород. Различные по своему составу воды растворяют породы по разному. Особенно агрессивны по отношению к карбонатным породам воды, насыщенные углекислотой, а гипс сильнее растворяется соленоватыми водами.

Под карстом понимают не только процесс, но и его результат, т.е. образование специфических форм растворения. Сам термин карст происходит от названия известкового плато в Словенских Альпах, где карстовые формы рельефа выражены наиболее ярко. Карст развивается везде, где есть выходы на поверхность карбонатных пород. Если карстовые формы видны на поверхности, то говорят об открытом карсте, а если они перекрыты толщей каких-то других отложений, то – о закрытом карсте. Последний чаще развит в равнинных платформенных районах, тогда как первый – в горных.

Карстовые формы рельефа

На поверхности карстовые формы представлены каррами, желобами и рвами, понорами, воронками разных типов, западинами, котловинами, слепыми долинами.



Карстовые формы рельефа

Карры — это разнообразные неглубокие выемки, образованные, в основном, выщелачиванием известняков поверхностными атмосферными водами. Глубина карр до 20 см, редко размах рельефа достигает 1-2 м. Наиболее типичны желобковые карры, представленные параллельными желобками, разделенные острыми

грядами. Участки развития многочисленных карров называют карровыми полями.

Желоба и рвы представляют собой более протяженные и глубокие участки карстового выщелачивания поверхности известняков, наследующие поверхностные трещины и достигающие глубины до 5 м.

Поноры — узкие отверстия, наклонные или вертикальные, возникающие на узлах пересечения трещин при дальнейшем развитии процесса растворения и выщелачивания. Эти каналы служат стоком поверхностных вод и направляют их вглубь массива горных пород.

Карстовые воронки подразделяются на: 1) воронки поверхностного выщелачивания; 2) провальные; 3) воронки просасывания. Первый тип воронок напоминает собой воронку от взрыва снаряда или бомбы. Образуются они за счет выщелоченной с поверхности породы. Обычно в центре такой воронки располагается понор-канал, по которому уходит вода. Диаметр воронок обычно до 50 м,

редко больше, а глубина 5-20 м. Провальные воронки связаны с обрушением свода над полостью, выработанной водами на некоторой глубине. Коррозионно-суффозионные воронки возникают в том случае, когда карстующиеся известняки перекрыты пластом песчаных отложений и последние вымываются в нижележащие карстовые полости. При этом из пласта песка уносятся отложения в поноры и образуется воронка просасывания или вымывания. Процессы суффозии широко распространены в природе.

Блюдца и западины представляют собой мелкие, небольшие карстовые воронки. Если воронки разных генетических типов сливаются по несколько штук вместе, то образуется карстовая котловина с рядом углублений на дне. Иногда дно у котловин может быть плоским.

Поля представляют собой довольно большие, сотни метров в диаметре, неправильной формы понижения, образовавшиеся при слиянии ряда котловин и воронок. В том числе и провалных.

Карстовые колодцы и шахты - это каналы, уходящие почти вертикально в известковые массивы на десятки и сотни метров при диаметре в первые метры. Они образуются при выщелачивании по трещинам, иногда поверхностными водными потоками, размывающими известняки. Шахтами называются вертикальные полости глубиной свыше 20 м, а меньше – колодцами. Если шахты соединяются между собой, а также с субгоризонтальными ходами и пещерами, то образуются карстовые пропасти, достигающие глубины в 1000 метров и более.

Слепые долины представляют собой небольшие речки, протекающие в закарстованных районах, имеющие исток, но внезапно оканчивающиеся у какой-нибудь воронки или поноры, куда и уходит вся вода. Иногда долины бывают полуслепыми, когда вода речки вдруг уходит под землю, а потом, через несколько километров появляется вновь.

Карстовые пещеры возникают различными способами: путем растворения, выщелачивания и

размыва; путем обрушения, раскрытия и последующего размыва тектонических трещин. Подземные воды, протекая по трещинам или тектоническим раздробленным зонам, постепенно растворяя и выщелачивая известняки или доломиты. Таким образом, формируются пещерные полости, часто многоэтажные и сложные, когда отдельные крупные пещеры – «залы», соединяются с другими узкими каналами, щелями, нередко с текущими по ним ручьями.

Крупные пещерные комплексы формируются продолжительное время – десятки и сотни тысяч лет. Развитие пещер тесно связано с колебаниями уровня зеркала подземных вод и местным базисом эрозии, например, рекой, а также тектоническими движениями. При понижении зеркала грунтовых вод, уже выработанные полости пещер осушаются и процесс растворения и выщелачивания переходит на более низкий уровень. Так может продолжаться несколько раз согласно с этапами врезания реки и колебаниями уровня грунтовых

вод. В области многолетнемерзлых пород в пещерах развиты натечные формы состоящие из льда.

На дне пещер часто встречаются красноватые глинистые отложения, т.н. «терра- росса» или «красная земля», представляющие собой нерастворимую часть карбонатных пород, обогащенную окислами железа и алюминия. Однако, наиболее впечатляющей особенностью ряда карстовых пещер являются сталактиты и сталагмиты –натечные образования. Вода, всегда капающая с потолка пещер, насыщена газом CO_2 , за счет растворения карбонатных пород, а, кроме того, насыщена и бикарбонатом кальция – $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

Эта вода, капая с потолка, теряет часть углекислоты, в результате чего реакция сдвигается влево и бикарбонат снова переходит в CaCO_3 , который и откладывается как на потолке пещеры (сталактит), так и на днище (сталагмит). В первую очередь на полу пещеры возникают наплывы, похожие на оплывший от свечи стеарин. Это, т.н. гуры. Затем на гурах возникают сталагмиты с

широким основанием, а еще позже - напоминающими палку или столб. Много позже на потолке пещеры начинают формироваться сталактиты, очень похожие на обыкновенные сосульки. Через какое-то время сталактиты и сталагмиты могут сомкнуться и тогда образуются колонны – сталагнаты.



Сталактиты в пещере Мраморной. Плато Чатырдаг. Крым (фото А.А. Заршикова)

Во многих районах, особенно платформенных, где развит закрытый карст. Встречаются т.н. суффозионные воронки (лат. «суффозио» – подкапывание). Они возникают в том случае, когда из толщи отложений,

перекрывающих карстовые формы, начинается процесс вымывания в карстовые полости. Постепенно на месте этой толщи образуется воронка, а еще ниже – полости, куда эти отложения и могут провалиться.

Карстовые формы развиваются везде, где присутствуют карстующиеся породы – известняки, доломиты, гипсы, ангидриты, каменные соли.