

МОДУЛЬ 3. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Это физико-химические процессы, происходящие внутри Земли или на ее поверхности и ведущие к изменению ее состава и строения.

Традиционно все геологические процессы принято делить на *эндогенные* и *экзогенные*. Деление это производится по месту проявления и по источнику энергии этих процессов.

Эндогенные – это внутренние процессы; экзогенные – внешние, поверхностные для них источник энергии – это энергия солнца и сила тяжести (гравитационное поле Земли).

К эндогенным процессам относятся:

1. Магматизм (от слова магма) – процесс, с которым связано рождение, движение и превращение магмы в магматическую горную породу
2. Тектоника (тектонические движения) – любые механические движения земной коры – поднятия, опускания, горизонтальные перемещения и т.д.
3. Метаморфизм – процессы, приводящие к изменению состава, строения горных пород внутри Земли при изменении физико-химических параметров (T^0 ; P и др.)

К экзогенным процессам относятся процессы, которые протекают на поверхности или вблизи поверхности, которые изменяют облик Земли и связаны с деятельностью атмосферы, гидросферы и биосферы:

1. Выветривание
2. Геологическая деятельность ветра
3. Геологическая деятельность текучих вод
4. Геологическая деятельность подземных вод
5. Геологическая деятельность снега, льда, вечной мерзлоты
6. Геологическая деятельность морей, озер, болот
7. Геологическая деятельность человека

Для всех экзогенных процессов в их деятельности проявляется три особенности.

Первая – в определенных условиях они ведут разрушительную работу и удаляют продукты разрушения. Таким образом, идет формирование отрицательных (пониженных) форм рельефа и происходит общее снижение и сглаживание поверхности суши. Процесс разрушения и удаление продуктов разрушения получил название – *денудация*. Этот процесс очень важный, т.к. он все время обнажает на поверхности все более глубокие части земной коры.

Вторая характерная особенность в деятельности экзогенных процессов проявляется в том, что в других условиях они ведут созидательную деятельность – аккумуляцию, которая приводит к накоплению продуктов разрушения и образованию геологических тел. Между этими двумя сторонами деятельности проявляется третья, а именно осуществляется перенос продуктов разрушения.

Каждый геологический процесс (эндогенный, экзогенный) в конечном итоге приводит к каким-то изменениям, которые не проходят бесследно, а в чем-то фиксируются. Важнейшими геологическими документами, в которых зафиксированы результаты деятельности процессов являются: минералы, горные породы, геологические тела, газовые и водные смеси, физические поля. Это те реальные объекты (или документы), которые мы видим и исследуем.

Минерал – это природное химическое соединение, обладающее определенным составом, формой и физико-химическими свойствами. Это тот исходный первичный «кирпичик» самый маленький, который исследователь может видеть не вооруженным глазом и из которых состоят горные породы.

Горная порода – это природная ассоциация (совокупность) минералов определенного происхождения, слагающие геологические тела.

Геологическое тело – некоторый объем внутри или на поверхности, сложенный горной породой и имеющий резкие границы с другими геологическими телами, например, пласт, кварцевая жила. Из геологических

тел состоит земная кора, и на геологических картах показываются выходы (границы) геологических тел.

Вопросы для самоконтроля

- 1. Дайте определение геологии как науки и перечислите основные объекты ее изучения***
- 2. Назовите главные научные направления в изучении литосферы***
- 3. Перечислите эндогенные и экзогенные процессы и их главные признаки***
- 4. Что такое денудация и какими процессами она обусловлена?***

ЭКЗОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ

Выветривание

Термин «выветривание» не отражает существа процесса и прямого отношения к деятельности ветра не имеет. Выветривание (weathering, degradation) - процесс разрушения и изменения горных пород и минералов в приповерхностных условиях под воздействием физико-химических факторов атмосферы, гидросферы и биосферы.

Факторами выветривания являются:

1. Колебание температур (суточное, сезонное)
2. Химические агенты: O_2 , H_2O , CO_2
3. Органические кислоты (ульминовая, гуминовая)
4. Жизнедеятельность организмов

В зависимости от факторов, вызывающих выветривание различают несколько видов:

Тип	выветривание		
Класс	физическое	химическое	органическое
Вид	Температурное Морозное Кристаллизация солей	Окисление Растворение Гидратация	Механическое разрушение Разложение (химическое) Образование органогенных

		Гидролиз	соединений
--	--	----------	------------

Физическое выветривание

Физическое выветривание пород происходит без изменения их химического состава. Порода просто дробится на обломки с постепенным уменьшением их размера вплоть до песка. Примером такого физического разрушения может служить температурное выветривание.

Температурное выветривание. Температурное выветривание происходит в результате резких колебаний температур, вызывающих неравномерное изменение объема горных пород и слагающих их минералов. Периодическое нагревание и охлаждение пород при суточных и сезонных колебаниях температур приводит к образованию трещин и к распадению их на глыбы, которые в свою очередь подвергаются дальнейшему измельчению. Чем резче колебания температур, тем интенсивнее проявляется физическое выветривание и наоборот, в условиях «мягкого» климата механическое разрушение пород происходит крайне замедленно. Наиболее активно температурное выветривание проявляется в пустынях, полупустынях и высокогорных областях, где горные породы очень сильно нагреваются и расширяются днем, охлаждаются и сжимаются ночью. Интенсивность и результаты выветривания определяются также составом, структурой и цветом породы: полиминеральные породы будут разрушаться быстрее, чем мономинеральные. Этому значительно способствует анизотропия и неодинаковые коэффициенты расширения главнейших породообразующих минералов. Например, коэффициент объемного расширения кварца в два раза больше, чем у ортоклаза.

Глубина температурного выветривания при суточных колебаниях температур составляет не более 50 см, а при сезонных колебаниях — несколько метров.

Частными случаями температурного выветривания являются процессы десквамации (шелушения), сфероидального выветривания и дезинтеграции зерен.

Десквамация – это отделение от гладкой поверхности скал чешуек или толстых пластин параллельно поверхности породы при ее нагревании и охлаждении независимо от текстуры, структуры и состава породы.

При сфероидальном выветривании первоначально угловатые, разбитые трещинами блоки пород в результате выветривания приобретают округлую форму.

Дезинтеграция зерен – ослабление и отделение зерен грубозернистых пород в результате чего порода рассыпается, при этом образуется дресва или песок, состоящий из несвязанных между собой зерен различных минералов. Дезинтеграция зерен происходит всюду, где обнажаются крупнозернистые породы.

Другим видом физического выветривания является морозное выветривание, при котором породы разрушаются под действием замерзающей воды, проникающей в поры и трещины. При замерзании воды объем льда увеличивается на 9%, что создает значительное давление в горных породах. Таким образом легко дробятся породы с высокой пористостью, например, песчаники, а также сильно трещиноватые породы, в которых трещины распираются ледяными клиньями. Наиболее интенсивно морозное выветривание протекает в зонах, где среднегодовая температура близка к нулю. Это зона тундры, а также в горных районах на уровне снеговой линии.

Кристаллизация солей – образование и рост кристаллов в пустотах и трещинах – способствует разрушению пород, подобно действию ледяных клиньев.

Продукты физического выветривания. В результате физического выветривания на поверхности образуются угловатые обломки, которые в зависимости от своего размера подразделяются на: глыбы – (> 20 см); щебень

– (20 – 1 см); дресва – (1 – 0.2 см); песок – (2 – 0.1 мм); алевроит – (0.1 – 0.01 мм); пелит – (< 0.01 мм). Скопление этих продуктов приводит к формированию рыхлых осадочных горных пород.

Химическое выветривание

При химическом выветривании разрушение горных пород происходит с изменением их химического состава главным образом под воздействием кислорода, углекислого газа и воды, а также активных органических веществ содержащихся в атмосфере и гидросфере.

Главными реакциями, обуславливающими химическое выветривание, являются окисление, гидратация, растворение и гидролиз.

Окисление – это переход элементов с низкой валентностью в высоковалентное за счет присоединения кислорода. Особенно быстро окислению подвергаются сульфиды, некоторые слюды и другие темноцветные минералы.

Лимонит – это самая устойчивая форма существования железа в поверхностных условиях. Все ржавые пленки и ржаво-бурая окраска пород обусловлена присутствием гидроокислов железа. Так как железо постоянно входит в химический состав многих породообразующих минералов – значит при химическом выветривании этих минералов Fe^{++} перейдет в Fe^{+++} , т.е. лимонит. Окисляется не только Fe, но и другие металлы.

В условиях недостатка кислорода протекает процесс восстановления, при котором металлы с высокой валентностью переходят в соединения с более низкой валентностью. Подобный процесс наиболее ярко протекает в зонах окисления сульфидных месторождений.

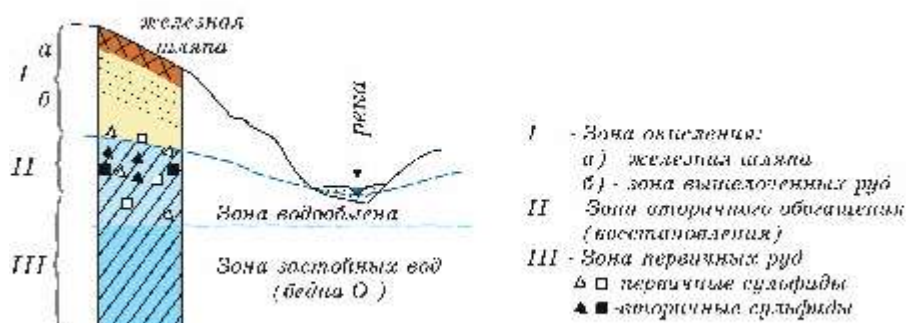


Рис. 2 Зона окисления и восстановления сульфидных руд

Выше уровня (зеркало) грунтовых вод располагается зона обогащения O_2 и в ней интенсивно протекают процессы окисления, в результате чего сульфиды металлов переходят в сульфаты, которые хорошо растворимы и просачивающимися водами перемещаются вниз до уровня грунтовых вод в зону обедненную кислородом. В этой зоне сульфаты восстанавливаются и переходят во вторичные сульфиды в результате чего возникает зона богатых руд (зона вторичного обогащения). На поверхности же рудного тела в результате окисления и выщелачивания образуется так называемая железная шляпа, которая представляет собой каркас кварца пропитанного лимонитом.

Процессы окисления и восстановления можно представить в виде схемы:

Первичные Сульфиды Me	окисление	Сульфаты	восстановление	Вторичные сульфиды Me
--------------------------	-----------	----------	----------------	--------------------------

Гидратация – это химическое присоединение воды к минералам горных пород с образованием новых минералов (гидросиликатов и гидроокислов) с другими свойствами.



гематит лимонит



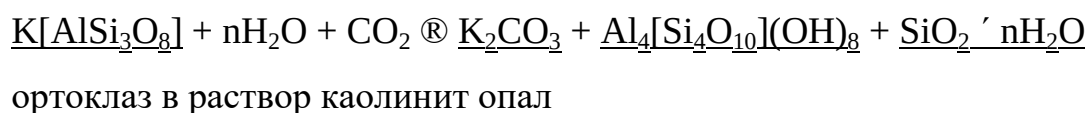
ангидрит гипс

превращение ангидрита в гипс всегда сопровождается значительным увеличением объема породы, что приводит к механическому разрушению всей гипс-ангидритовой толщи.

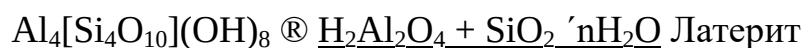
Растворение – способность молекул одного вещества распространяться вследствие диффузии в другом веществе. Оно происходит с различной скоростью для разных пород и минералов. Наибольшей растворимостью обладают хлориды (галит NaCl, сильвин KCl и др.). Менее растворимы сульфаты, карбонаты.

Гидролиз – наиболее важный процесс химического выветривания, т.к. путем гидролиза разрушаются силикаты и алюмосиликаты, которые слагают половину объема внешней части континентальной коры.

Гидролиз – это обменное разложение вещества под влиянием гидролитической диссоциации воды, сопровождающееся разрушением одних и образованием других минералов. Наиболее характерен пример гидролиза полевых шпатов:



Дальнейший гидролиз каолинита приводит к его разложению и образованию латерита:



Интенсивность процесса гидролиза, которому сопутствуют растворение и гидратация, зависит от климатических условий: - в умеренном климате гидролиз протекает до стадии образования гидрослюд; - во влажном теплом климате – до стадии образования каолинита; - в субтропическом климате – до стадии образования латерита. Таким образом при гидролизе разрушаются силикаты, алюмосиликаты; на их месте накапливаются глинистые минералы, а за счет вытеснения катионов образуются свободные окислы и гидроокислы алюминия, железа, кремния, марганца.

Латериты являются ценными рудами на алюминий. При перемыве латеритной коры выветривания и переотложении гидроокислов алюминия формируются месторождения бокситов.

Стадии химического выветривания

В соответствии с приведенной последовательностью выделяются 4 стадии химического выветривания;

1. Обломочная, при которой породы превращаются в рыхлые продукты физического выветривания;

2. Обизвесткованного элювия (сиаллитная), когда начинается разложение силикатов, сопровождаемое удалением хлора, серы и обогащение пород карбонатами;

3. Глин (кислая сиаллитная стадия), когда продолжается разложение силикатов и происходит отщепление и вынос оснований (Ca, Mg, Na, K), а также образование каолиновых глин на кислых породах и нонтронитовых – на основных;

4. Латеритов (аллитная), завершающая стадия химического выветривания, на которой идет дальнейшее разложение минералов (отщепляются и выносятся окислы и гидроокислы алюминия и железа – гетит, гидрогетит и гиббсит, гидраргиллит).

Органическое выветривание

Воздействие органического мира на горные породы сводится или к физическому (механическому) разрушению их, или к химическому разложению. Важным результатом органического выветривания (в совокупности с физическим и химическим) является образование почвы, отличительным свойством которой является ее плодородие.

Элювий и кора выветривания

Элювий – это продукты выветривания, оставшиеся на месте своего образования. Все продукты выветривания, которые смещены с места образования вниз по склонам без участия линейного смыва, Ю.А. Билибин предложил назвать *делювием*, а *коллювием* Ю.А. Билибин назвал разновидность делювия, достигшую подножия склона и прекратившую движение.

Пример строения современного элювия можно представить в следующем виде (рис. 4).

При нормальных условиях верхние слои элювия измельчены значительно сильнее, чем лежащие ниже. С глубиной продукты выветривания становятся все более и более грубыми. Самый нижний слой состоит из кусков, хотя и отделенных от породы, но залегающих на месте образования. Глубже массивные породы разбиты лишь трещинами, количество которых уменьшается с глубиной.

Элювий остается и сохраняется на уплощенных водораздельных поверхностях, а на склонах он начинает двигаться под тяжестью собственного веса и становится уже делювием.



Рис.4. Строение элювия

Под корой выветривания понимается вся совокупность продуктов выветривания, залегающая на месте образования или перемещенных на небольшое расстояние и занимающие значительные площади. Нередко термин кора выветривания используют, когда выветривание прошло до стадии каолиновых глин или латеритов.

Термины «элювий» и «кора выветривания» почти синонимы. Различают современную кору выветривания и древнюю (ископаемую или погребенную), перекрытую молодыми породами.

Состав и тип коры выветривания определяется составом коренных пород, климатом и стадией выветривания: 1 – Обломочная; 2 –

Гидрослюдистая; 3 – Монтмориллонитовая (нонtronитовая); 4 – Каолиновая; 5 – Латеритная.

Изменение мощности и состава кор выветривания в зависимости от перечисленных факторов показано на рис 5.

Геологическая роль выветривания

1. Выветривание – составная (основная) часть глобального процесса – денудации. И денудация и выветривание протекают селективно, т.е. избирательно. Различные горные породы и минералы в разных климатических условиях выветриваются с разной скоростью, что можно рассмотреть на примере простого строения участка земной коры (рис.6).



Рис. 6. Селективность денудации и выветривания

В условиях влажного климата известняки будут подвергаться интенсивному растворению и выщелачиванию, и на их месте будут понижения в рельефе, а в местах выхода гранитов – возвышенности.

В сухом жарком климате граниты будут разрушаться быстрее, чем известняки и на поверхности будут формироваться понижения в рельефе.

2. выветривание – это начало формирования осадочных горных пород. На поверхности формируются различные обломочные породы: щебень, дресва, песок. Где-то накапливаются каолиновые глины, обогащенные Al; в море происходит отложение хемогенных осадков Fe и Mn, Ca, Mg, которые поверхностными и подземными водами вынесены с суши, а соли Na и K находятся в растворимом состоянии.

Таким образом, первоначально сложенные по своему составу коренные породы в процессе выветривания дифференцируются на составные части, состав которых постепенно упрощается вплоть до элементного.

3. При выветривании образуются разнообразные полезные ископаемые: сульфидные руды, каолиновые глины, латериты, строительные материалы и др.

Вопросы для самоконтроля

- 1. Назовите основные виды выветривания и их факторы***
- 2. Перечислите продукты физического выветривания***
- 3. Что такое гидролиз? Его суть и конечный результат***
- 4. Эллювий и кора выветривания – это синонимы?***
- 5. какова геологическая роль выветривания?***

Геологическая деятельность поверхностных текучих вод

Атмосферные осадки, выпадая на дневную поверхность, распределяются различным образом. Часть из них просачивается в глубину и идет на пополнение подземных вод, часть испаряется в атмосферу, а другая часть стекает на поверхности, образуя поверхностный сток, который делится на площадной и линейный. Геологическая работа поверхностных текучих вод зависит от массы воды и скорости ее движения. Чем больше масса воды и скорость ее течения, тем больше совершаемая работа. Способность воды производить работу может быть названа ее живой силой, которая определяется по формуле:

$$K = \frac{mv^2}{2}, \text{ где } K - \text{живая сила воды; } m - \text{масса; } v - \text{скорость течения}$$

геологическая деятельность поверхностных текучих вод складывается из: 1 – смыва; 2 – размыва (эрозии); 3 – транспортировки продуктов разрушения; 4 – аккумуляции продуктов разрушения.

Площадной сток. При площадном стоке вода течет по всей поверхности наклонного склона в местах, где время от времени идут сильные дожди.

Геологическая деятельность площадного стока проявляется в смыве мелкозернистого обломочного материала (алевритовый, песчаный). Максимально смыв проявляется в местах лишенных растительности, на

ровных склонах. За один сильный ливень при площадном смыве может быть снесен слой рыхлого материала толщиной в несколько миллиметров. Из бассейна равнинных рек (р. Миссисипи) за один миллион лет сносится слой мощностью до 50 м, а из бассейнов горных рек (Кавказ) – до 250 м.

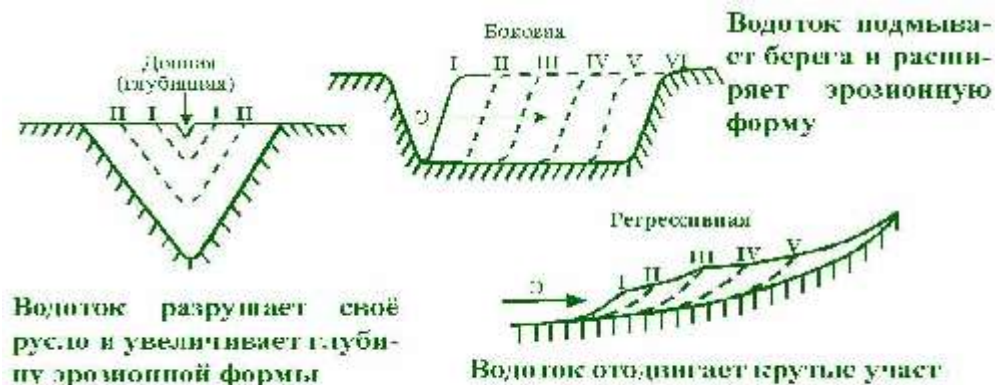


Рис. 13. Виды эрозии

Линейный сток. При линейном стоке движение воды осуществляется в виде линейно направленных мощных струй и потоков в рытвинах, оврагах и речных долинах. Линейный сток делится на временный и постоянный.

Разрушительная деятельность любого водотока называется эрозия. Различают три вида эрозии: донная, боковая и регрессивная (рис.13).

Соотношение донной, боковой и регрессивной эрозии меняется на разных стадиях развития речной долины.

Предельный уровень, к которому стремится водоток и глубже которого врежется водоток не может называться базисом эрозии. Всеобщий базис эрозии – уровень мирового океана. В районах сухого климата роль базиса эрозии играют поверхность предгорных равнин.

Продольный профиль динамического равновесия

Понижение базиса эрозии меняет режим потока и нарушает равновесие между эрозией и аккумуляцией, т.к. в приустьевой части увеличивается уклон русла и возрастает скорость течения (но количество воды остается прежним). Водоток начинает углублять свое русло до тех пор, пока уклон его не станет прежним (рис.14).

Углубление русла в приустьевой части вызывает увеличение уклона и скорости выше, в соседнем участке. Глубинная эрозия, таким образом, будет распространяться вверх против течения по закону регрессивной (попятной) эрозии.

Любой водоток все время стремится выработать продольный профиль динамического равновесия применительно к существующему в данный момент положению базиса эрозии. В любой точке такого профиля наблюдается равновесие между живой силой воды, количеством переносимого материала и сопротивляемостью дна пород на размыв.

Такова схема выработки продольного профиля равновесия реки при условии однородного состава размываемых его пород. При чередовании мягких и твердых пород в русле реки образуются пороги. Если река протекает по поверхности с расчлененным первоначальным рельефом, в русле ее образуются водопады. Один из крупнейших водопадов мира – Ниагарский, расположенный на границе США и Канады. Ширина его 914 м, высота падения воды 50 м. крупные водопады известны в Африке (Виктория, высота падения воды 120 м), в Южной Америке (Игуасу, 72 м), в Индии (Джерзоппа, 249 м), в Новой Зеландии (Сатерленд, 580 м) и др. В СССР крупные водопады находятся на Кавказе, Тянь-Шане, Памире.

Деятельность временных водотоков

На равнинных участках, сложенных рыхлыми толщами и где проявляются ливневые осадки, деятельность временного линейного стока сводится к оврагообразованию. Развитие оврагов начинается с лощины – это слабо выраженное понижение на поверхности склона, в котором собираются поверхностные воды и концентрируется водоток. Если водоток достиг определенной силы, то возникает эрозионная рытвина, которая в дальнейшем превратится в молодой овраг, а затем в зрелый овраг. Дно у зрелого оврага покрыто отложениями – пролювием. Продольный профиль выработан и прекратились донная и регрессивная эрозии. Если дно зрелого оврага достигает уровня грунтовых вод, то возникает молодая (речная) долина, если

нет – то овраг может оставаться в таком виде очень долго, склоны его выполаживаются, зарастают и он превращается в балку.

В горных районах в результате деятельности временных водотоков образуются сухие лога и долины, которые морфологически четко выражены. В верховье они имеют водосборный цирк, а на выходе из лога формируется конус выноса (или сухая дельта), сложенная пролювием. Отложения временных водотоков (пролювий) характеризуется плохой окатанностью и сортировкой.

Деятельность постоянных водотоков

Деятельность постоянных водотоков во многом определяется их режимом (количеством и уровнем воды; скоростью течения), который в течение года меняется и зависит от способа питания рек.

В процессе своей деятельности постоянные водотоки вырабатывают эрозионно-аккумулятивные формы рельефа, которые получили название – речные долины.

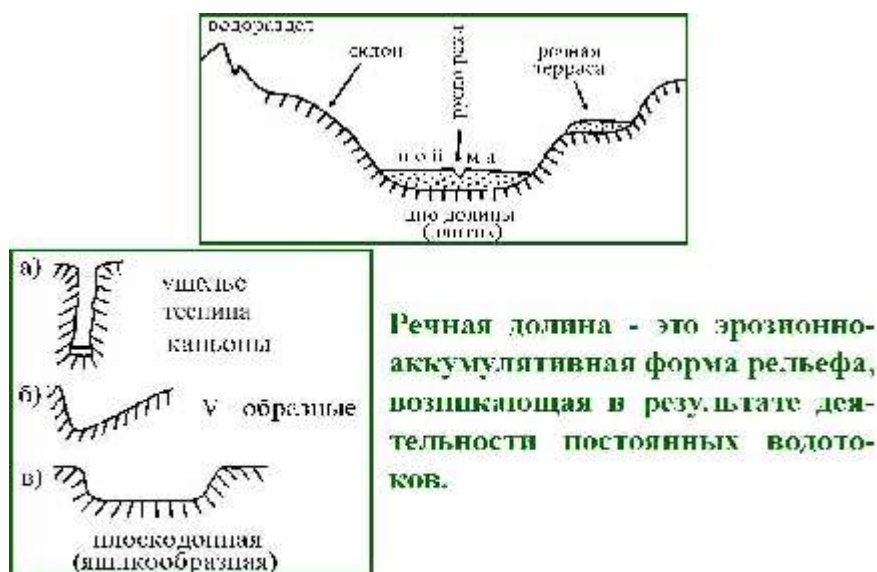


Рис. 17. Элементы речной долины

В поперечном сечении речные долины могут иметь различную форму в виде глубоких каньонов, V – образную форму или плоскодонную (ящикообразную). Форма и размеры долин постепенно меняются в процессе развития речной долины (рис. 17).

Перенос и отложения водотоков

Реки переносят обломочный материал различной размерности – от крупных валунов до мелких илистых частиц. Чем больше скорость течения воды, тем более крупные обломки переносит вода.

Весь материал, который переносят реки и затем откладывается называется аллювием. Аллювий может переноситься тремя способами: а) – влекомым – тащится и перекачивается по дну русла; б) – во взвешенном состоянии; в) – в растворенном виде.

Влекомые по дну обломки и взвешенные частицы называют твердым стоком реки. Обломочный материал, перемещаемый рекой по дну, усиливает глубинную эрозию, а сам постепенно измельчается, истирается и окатывается – образуются валуны, галька, гравий, песок. Размер и масса обломков перекачиваемых по дну, пропорциональна шестой степени скорости течения. При скорости течения 0.3 м/сек переносится по дну мелкий песок, а при скорости 2.0 м/сек – крупная галька (до 10 см).

Значительное количество минерального вещества (до 40%) переносится в растворенном состоянии. По данным М.Н. Страхова, в растворенном состоянии переносятся легкорастворимые соли (NaCl , KCl , MgSO_4 , CaSO_4), карбонаты (CaCO_3 , MgCO_3 , NaCO_3) и кремнезем. Причем, на долю карбонатов приходится до 60% ионного стока, а сульфатные и хлоридные соли играют заметную роль только в водах рек засушливых областей. В небольшом количестве в растворенном состоянии содержатся соединения Fe и Mn, которые образуют истинные и коллоидные растворы.

Следует отметить, что соотношение твердого стока рек и растворенных веществ не однозначны для рек разных областей. Так, в горных реках, отличающихся большой скоростью течения, явно преобладает твердый сток, особенно взвеси (б) и соотношение $a : б : в = 0.86 : 6.8 : 1$. При этом влекомые по дну обломки (а) представлены преимущественно галечниками и крупными валунами, а во взвесах (б) переносятся песчаные и более мелкие частицы. Иная картина в равнинных реках, где преобладает сток растворенных (в) веществ и соотношение $a : б : в = 0.05 : 0.56 : 1$.

Среди донных влекомых обломков преобладают песчаные частицы, а во взвесах – частицы меньше 0,1 мм.

Как уже отмечалось, отложения, накапливающиеся в речных долинах, называются аллювием (лат. «аллювио» - нанос, намыв). Они состоят из обломочного материала различной зернистости, степени окатанности и сортировки. Различают три разновидности аллювия: русловой, пойменный и старичный.

Русловой аллювий, как правило, самый грубый (крупнозернистый песок, гравий, галечник). Размер его обломков зависит от скорости течения воды в русле. Он обладает косой слоистостью с наклоном слоев в направлении течения реки.

Пойменный аллювий – это значительно более мелкозернистый, чем русловой. Так, например, русловой аллювий представлен галечниками, а пойменный – песками. Почему пойменный аллювий мельче? Во время паводка вода выходит из берегов, разливается по пойме и скорость ее течения резко падает. На пойму она выносит более мелкий материал, чем несет в русле, где скорость течения больше. Пойменный аллювий обладает горизонтальной, слабоволнистой и линзовидной слоистостью.

Старичный аллювий представлен чаще всего тонкообломочными глинистыми частицами и богат органическими остатками, которые образуются при зарастании стариц растительностью.

Мощность аллювиальных отложений в долинах рек определяется уровнем (высотой) подъема паводковых вод и в этом случае она называется нормальной мощностью. В равнинных реках она колеблется от 10 – 15 до 30 м. нормальный аллювий всегда имеет двухслойное строение: внизу слой руслового более грубого косослоистого аллювия, а выше он перекрыт слоем пойменного более мелкозернистого аллювия.

Ежегодно в моря и океаны реками выносятся почти 20 млрд.т – твердые частицы. Так, например, р. Амударья выносит 45 млн.м³, р. Миссисипи > 200 млн. т., а р. Хуанхе – до 1000 млн.м³ твердого стока.

Большая часть этого материала аккумулируется в дельтах рек. Дельта – это участок суши, который образуется за счет наноса аллювия в прибрежной части моря. Площадь дельты р. Лены составляет 45 тыс. км², а дельта р. Хуанхэ – 500 тыс. км². дельтовые осадки образуют огромные линзы мощностью до 15 км и объемом $5 \cdot 10^6$ км³ (р. Ганг и Брахмапутра в Индийском океане). Мощность дельтовых осадков р. амазонки составляет 12 км. В таких линзах накапливается значительное количество органики, которая в дальнейшем участвует в нефтеобразовании.

Стадии развития речной долины

На протяжении времени существования река переживает периоды юности, молодости, зрелости и старости.

В период юности продольный профиль равновесия реки еще не выработан. Река течет по неровному рельефу, региональный уклон ее русла на всем протяжении чрезвычайно крутой, скорость течения велика; кое-где обособляются отдельные участки, развитие которых контролируется местными базисами эрозии. На этой стадии развития реки происходят усиленные процессы глубинной (донной) эрозии, которые приводят к интенсивному углублению русла. Боковая эрозия в это время почти не проявляется, так как энергия реки в основном направлена на разрушение ложа и перенос продуктов разрушения. Быстрое углубление русла приводит к образованию долин, имеющих V-образную форму. Коэффициент извилистости реки на этой стадии минимален.

Период юности в настоящее время переживают многие реки, текущие в горных районах. Они, как правило, характеризуются бурным течением, наличием порогов и водопадов. Долины их имеют форму ущелий и каньонов.

По мере выработки профиля равновесия река переходит в период молодости. Этот период наступает, когда в силу вступает боковая эрозия. В период молодости река стремится углубить свое русло только в верхнем течении, где еще наблюдаются процессы глубинной эрозии. В среднем и нижнем течении рек глубинная эрозия сменяется боковой. Это приводит к

незначительному расширению ее долины, которая приобретает U-образную коробчатую форму. В эту стадию формируются прирусловые отмели. Продольный профиль реки еще не выработан.

На стадии зрелости скорость течения равномерно уменьшается от верховьев к устью. Для этой стадии характерно появление излучин — меандр, приводящих к увеличению коэффициента извилистости реки, образованию многочисленных рукавов, по которым вода течет параллельно основному руслу, и возникновению обширных аллювиальных равнин поймы.

Для определения стадии старости реки ясно выраженных критериев не существует. Считается, что река вступает в стадию старости, тогда, когда дно ее долины достигает ширины, во много раз превышающей ширину поймы меандрирующей реки. На этой стадии происходят перенос и образуются многочисленные меандры. Река на стадии старости характеризуется максимальным коэффициентом извилистости и перемывает свои пойменные отложения.

Меандры с коротким радиусом расширяются значительно быстрее, чем более крупные. Это происходит потому, что все изгибы реки стремятся приобрести радиус кривизны приблизительно одного и того же порядка. Ввиду постоянного увеличения кривизны реки в ходе подмыва вогнутых берегов и отложения материала у выпуклых, вершины двух соседних меандр, обращенных в одну сторону, сходятся все ближе, и между ними остается только узкий перешеек. В период половодья может произойти прорыв такого перешейка, основная масса воды устремится в новое, спрямленное русло реки, а петля окажется отрезанной. На отрезанной стороне остается покинутое русло, получившее название старицы. Старицы, как правило, имеют в плане подковообразную форму; в дальнейшем они часто превращаются в болото.

В период старости реки в ее долине образуется широкая пойма, или пойменная терраса, — часть долины, заливаемая в половодье и возвышающаяся над руслом реки в меженный период.

Периоды юности, молодости и зрелости составляют цикл эрозии реки. Большинство рек проходит все эти стадии развития. В ряде случаев все стадии можно наблюдать у одной реки. Например, Терек в верхнем течении переживает период юности, в нижнем — это уже зрелая река.

Цикл эрозии реки может быть неполным: в зависимости от рельефа начальной поверхности и слагающих ее пород река может сразу вступить в период зрелости, минуя юность, и т. д. Особенно *это* характерно для равнинных рек. Более того, уже сложившийся цикл эрозии может быть нарушен, например, после вступления в период старости может вновь наступить период юности реки, т. е. может произойти ее омоложение. Этому способствует ряд факторов, главными из которых являются:

1) понижение базиса эрозии, приводящее к увеличению уклона русла реки и возрастанию скорости ее течения, а также к возобновлению донной эрозии;

2) повышение какого-либо участка реки, обуславливающее изменение *ее* продольного профиля и увеличение уклона русла;

3) изменение климата района, в котором протекает река; особенно большое значение имеет увеличение количества выпадающих осадков, в результате чего возрастает масса воды в реке; к этому же приводит таяние ледников в верховьях реки, связанное с потеплением климата.

Речные террасы

Терраса - это площадка в строении речной долины открытая или погребенная и обязанная своим происхождением эрозионной или аккумулятивной деятельности водотока в предыдущий цикл развития.

Каждое омоложение реки вызывает новый цикл эрозии — появление донной эрозии, углубление дна, спрямление русла. При таком углублении русла аллювиальные отложения, слагающие пойму реки, оказываются выше новых пойменных осадков при новом базисе эрозии. Неразмывтые остатки древних пойм обычно образуют ступенчатые уступы, нависающие над новой поймой, и называются надпойменными террасами. Число террас

соответствует количеству этапов омоложения (циклов эрозии), которые пережила река за время своего существования. Последовательность углубления русла при выработке нового профиля равновесия показана на рис. 19.

Углубление реки при ее омоложении приводит к тому, что древние террасы располагаются выше молодых, подвергаются воздействиям выветривания и площадного смыва. Поэтому молодые террасы обычно лучше выделяются в рельефе.

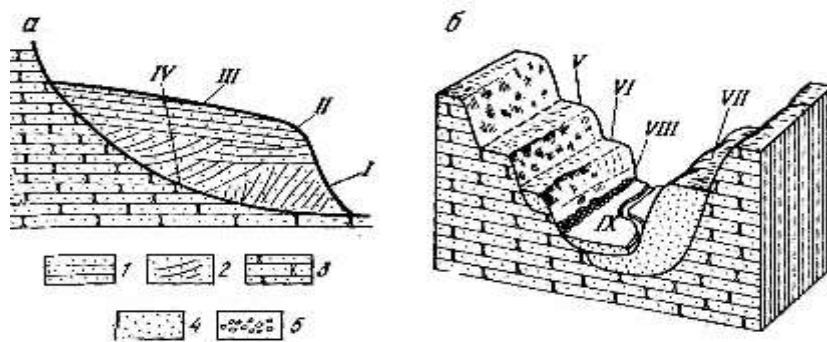


Рис. 20. Надпойменные террасы.
а – строение террасы; б – типы надпойменных террас. 1 – пойменный аллювий, 2 – русловой аллювий, 3 – песчаники в коренном залегании, 4 – аллювий, 5 – осыпи. I – уступ; II – бровка; III – террасовая площадка; IV – тыловой шов; террасы: V – эрозионная, VI – цокольная, VII – аккумулятивная, VIII – цоколь, IX – пойма

Надпойменные террасы нумеруются снизу вверх — от более молодых к древним: над уровнем поймы обычно выделяют первую, вторую, третью и т. д.

В строении надпойменных террас выделяют ряд геоморфологических элементов — уступ, бровку, террасовидную площадку и тыловой шов (рис. 20, а). Террасы отличаются друг от друга, в частности, по соотношению аллювиальных и коренных отложений. Так, различают террасы следующих видов (рис. 20, б): аккумулятивные (террасы накопления), эрозионные (террасы размыва), цокольные (смешанные).

К аккумулятивным террасам относят такие, у которых мощность аллювия больше относительной высоты их над уровнем реки; весь террасовидный уступ таких террас сложен аллювиальными накоплениями.

Эрозионные террасы почти целиком сложены коренными породами; на террасовидной площадке таких террас аллювий отсутствует или располагается в виде очень тонкого покрова. Эти террасы образуются при резком преобладании процессов эрозии над процессами аккумуляции в истории развития реки. Цокольными террасами считаются такие, у которых мощность аллювия значительна, но не превышает их высоты; в уступах этих террас ниже толщи аллювия обнажаются коренные породы, слагающие основание (цоколь) террасы и вышележащую часть склона долины.

Вопросы для самопроверки

1. ***Что такое живая сила воды?***
2. ***Охарактеризуйте понятие – линейный сток и базис эрозии.***
3. ***Какие виды эрозии водотоков различаются?***
4. ***В чем выражается деятельность временных водотоков?***
5. ***Дайте характеристику аллювия. Чем пойменный аллювий отличается от руслового?***
6. ***Перечислите основные стадии развития речной долины и дайте их краткую характеристику.***
7. ***Речные террасы. Как они образуются?***