

# Модуль №1. «Общая и историческая геология»

## Тема №3. Экзогенные геологические процессы

### Лекция №5.

#### Площадной смыв.

Геологическая деятельность временных водотоков.

Овраги, условия их образования, овражная эрозия.

Сель, причины возникновения, борьба с селями.

Геологическая деятельность рек.

Циклы речной эрозии и омоложение рек.

Речные отложения, их особенности.

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

Тюмень, 2020

## Площадной смысв. Геологическая деятельность временных водотоков.

Под влиянием солнечного тепла в природе осуществляется непрерывный круговорот воды. С поверхности суши и водных бассейнов постоянно происходит испарение, и пары воды поступают в нижние слои атмосферы, образуя там облака. Конденсация паров в атмосфере приводит к образованию осадков, которые в виде дождя или снега выпадают на поверхность Земли. Часть текущих вод суши по долинам рек и оврагов возвращается в моря и океаны. Этот процесс повторяется непрерывно.

Атмосферные воды, проникающие в трещины и поры горных пород, образуют там подземные воды. Однако со временем часть подземных вод выходит на поверхность, питает ручьи и реки, и таким образом, тоже участвует в круговороте воды.

Итак, атмосферные воды частично расходуются на сток, частично на испарение и частично на питание подземных вод. Соотношение между этими частями колеблется в широких пределах и зависит от количества выпадающих в один приём осадков, от рельефа земной поверхности, от водопроницаемости пород, от температуры и ряда других причин.

Текучих вод на поверхности Земли много. Достаточно взглянуть на географическую карту, чтобы убедиться, что все континенты (кроме Антарктиды, конечно) изрезаны сетью рек, ручьев и оврагов. Водные потоки осуществляют огромную геологическую деятельность на поверхности суши. Реками в моря и океаны ежегодно выносятся наносов на порядок больше, чем, например, ледниками и ветром. Вода на поверхности Земли стремится к уровню Мирового океана. Это движение воды называется поверхностным стоком; а движение ее под Землей, куда она попадает в результате фильтрации, — подземным стоком. Воду называют кровью Земли. Как заметили ученые, структура речной сети очень похожа на структуру кровеносной системы человека. К поверхностным текучим водам относят все стекающие по земной поверхности воды: от дождевых струй до мощных речных потоков.

Текучие воды на своём пути к морю проделывают огромную работу: разрушают сушу, изменяя её рельеф, перемещают и отлагают рыхлые продукты разрушения.

## Площадной смыв. Геологическая деятельность временных водотоков.

Разрушительная деятельность проточной воды обусловлена перемещением её от более высоких мест в более низкие. Чем больше разница в высотных отметках между начальным и конечным пунктами движения воды, тем больше скорость, следовательно, и разрушающая сила воды. Движущиеся массы воды захватывают продукты разрушения и уносят с собой. Размер обломков, подхваченных водой, зависит от скорости потока. Разрушительная сила текучих вод, содержащих обломки пород, во много раз возрастает. Если мелкие обломки находятся в текучей воде во взвешенном состоянии, то крупные перекатываются водой по дну водотока, шлифуя и стачивая ложе, а также друг друга. Значительная часть минерального вещества переносится в воде в растворённом виде.

Разрушение горных пород текучими (проточными) водами называется **эрозией**. Под водной эрозией понимают не только разрушение горных пород силой потока, но также шлифование и царапание дна русла обломками, переносимыми водой, и химическое растворение горных пород водой.

По характеру движения временные потоки поверхностных вод делят на плоскостные и струйчатые. Со временем плоскостной смыв сменяется линейным размывом и начинается разрушение горных пород в глубину, т.е. развивается **глубинная эрозия**. Начало линейного размыва выражается в том, что текучие воды собираются в едва заметные промоины или рытвины, которые со временем разрастаются.

Выделяются временные потоки оврагов равнинных территорий и временные горные потоки. Верховья временных горных потоков расположены в верхней части горных склонов и представлены системой множества сходящихся рытвин и промоин, образующих водосборный бассейн. Из этого бассейна вниз по склону вода движется уже в едином русле, которое называется **каналом стока**. В период выпадения дождей или снеготаяния все промоины и канал стока заполняются водой, которая с большой скоростью движется вниз по склону. При этом движении вода захватывает обломочный материал, который усиливает разрушительную работу потока. При выходе его на подгорную равнину скорость течения резко уменьшается, откладывается обломочный материал, образуя **конус выноса**.

## Площадной смыв. Геологическая деятельность временных водотоков.

Геологическая деятельность временных водотоков (дождевых и талых снеговых) называется **делювиальным процессом**, или **плоскостным склоновым смывом**.

Периодическое выпадение осадков и таяние снега приводят к образованию временных потоков на склонах возвышенностей. Эти мелкие струйки — миниатюрные водные потоки глубиной от 2-3 до 10-25 см — распределяются на склонах более или менее равномерно, образуя сеть мелких плоскостных безруслых ложбин — *деллей*, или эрозионных борозд и рытвин, которые в последствии могут перерасти в промоины, овраги, балки и речные долины.

Вода стекает по поверхности склонов, производя эрозионную деятельность (**плоскостная эрозия**, **плоскостной смыв**). Этот процесс вместе с ударами дождевых капель перемещает вниз по склонам большой объем поверхностного слоя. Наиболее интенсивно процесс протекает на лишенных растительности склонах в областях с семиаридным климатом, где в кратковременные сезоны выпадает много осадков, и не характерен для зон пустынь, а также районов с гумидным климатом, где склоны поросли густой растительностью. Плоскостной поток в соответствии с рельефом местности постепенно разбивается на отдельные струи (ручьи), которые начинают размывать землю по отдельным полосам. Это уже **струйчатая эрозия**, которая приводит к образованию промоин и оврагов.

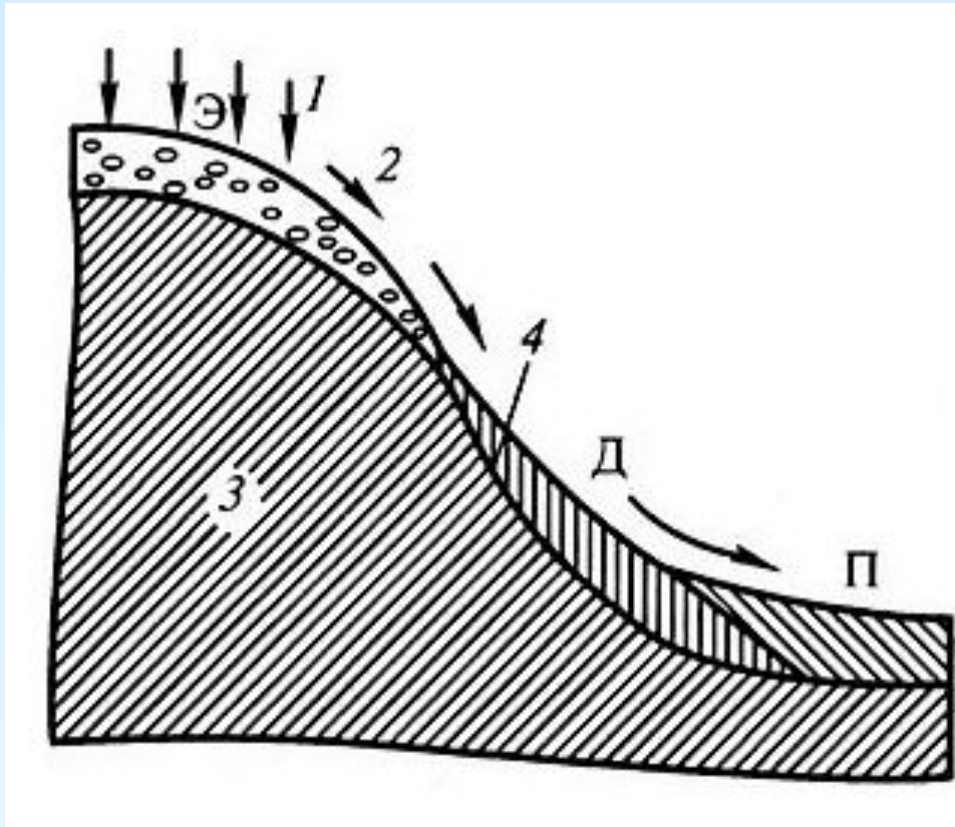
Наносы, образованные в результате плоскостной эрозии и отложенные преимущественно на склонах, носят название **делювиальных отложений (делювия)**, а образованные струйчатой эрозией и отложенные в понижениях, примыкающих к склонам, носят название **пролювиальных отложений (пролювия)**.

**Делювий** (от лат. deluo — смываю) образует полого наклонные *шлейфы*, покрывающие нижние части склонов и литологически представлен суглинками, супесями, иногда песками с включениями щебня. На равнинах это обычно суглинки и супеси. Наиболее типичны они для равнинных районов, сложенных рыхлыми или легко разрушающимися при выветривании породами.

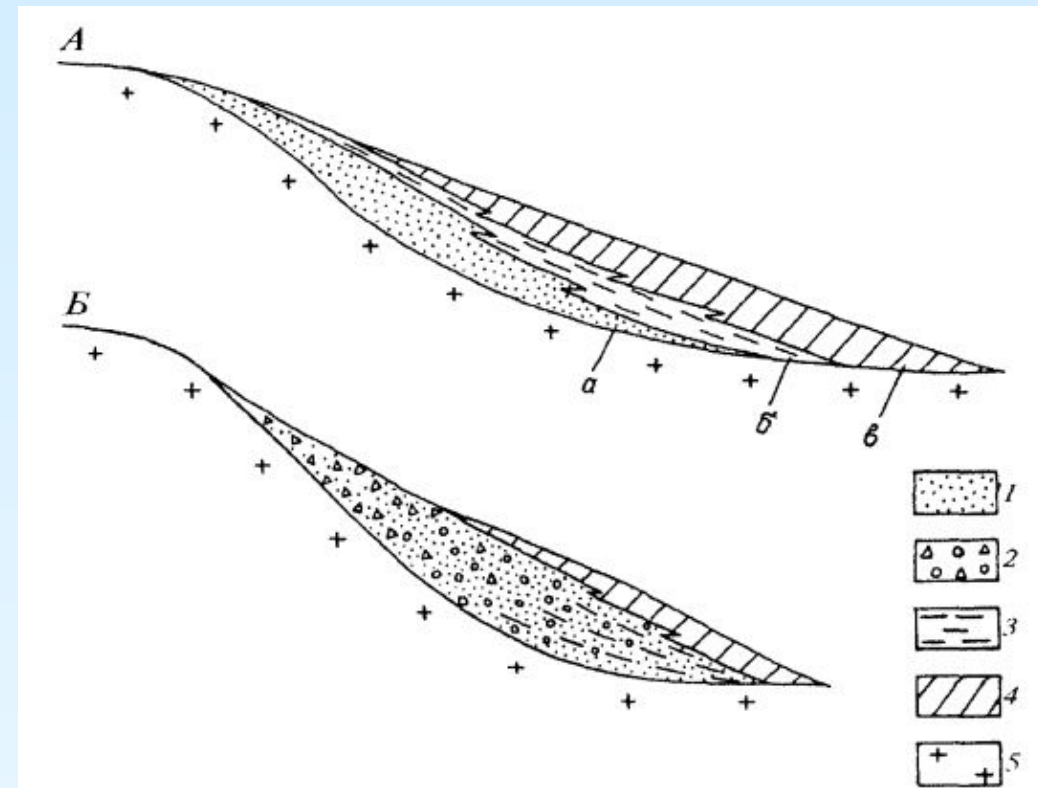
В строении делювия проявлены признаки водной сортированности. Она выражается в уменьшении крупности материала от вершины к основанию делювиального шлейфа, а также снизу вверх по разрезу. Вниз по склону в зависимости от состава коренных пород в строении делювиального шлейфа участвует щебнистый, дресвянистый, супесчаный материал до лёссовидных суглинков и глин. В отложениях наблюдается тонкая параллельная склону слоистость, отчетливая в грубых и неявная в тонких разностях. Мощность делювиальных отложений возрастает к основанию склонов и обычно составляет несколько метров (на равнинных территориях), но может достигать 10-15 м (в горной местности).



# Площадной смыв. Геологическая деятельность временных водотоков.



Э — элювий; Д — делювий; П — пролювий;  
1 — атмосферные осадки;  
2 — плоскостной смыв;  
3 — коренные породы;  
4 — первоначальная поверхность



Строение делювиальных покровов у подножий пологих (А) и крутых (Б) склонов:  
а-в — фации делювия (а — присклонная, б — срединная, в — периферическая).  
1 — песок; 2 — щебень, галька; 3 — супесь;  
4 — суглинок; 5 — коренные породы

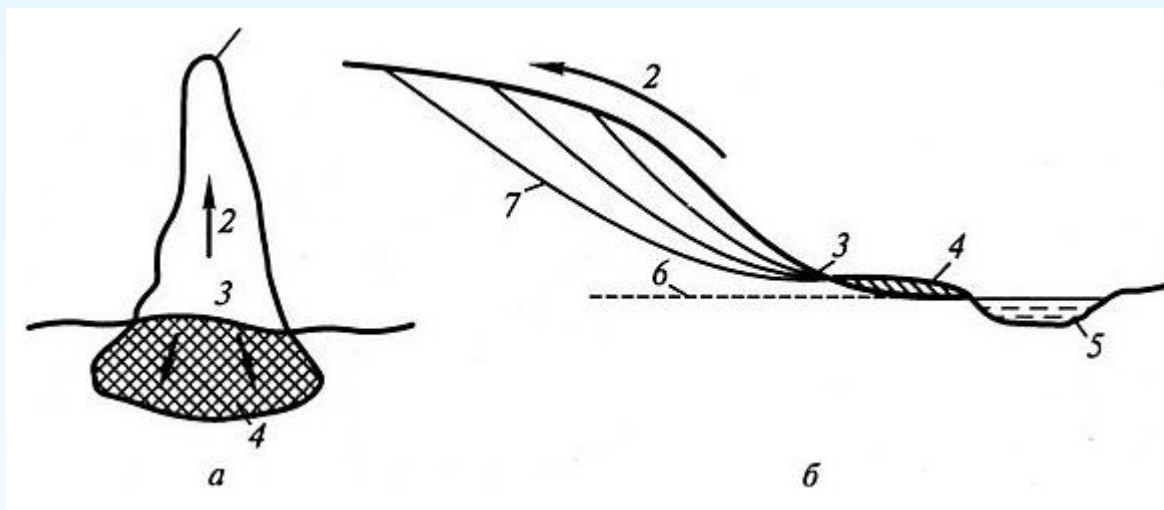
**Пролювий** представляет собой разнохарактерные по литологическому составу и геологическому строению наносы. В многометровых толщах суглинки и супеси нередко переслаиваются песками, щебнем. Пролювиальные отложения имеют большое развитие в подошвах горных склонов (предгорные шлейфы). Большое количество пролювиального материала своим образованием обязано грязекаменным потокам (селям), а также временным потокам в оврагах.

**Делювиальный процесс** ведет к выполаживанию склонов. Однако сглаживание и срезание неровностей происходят очень неравномерно. Прочные породы, разрушающиеся значительно медленнее, образуют выступы на склонах; тогда как на месте легко разрушающихся отложений образуются ложбины. В целом делювиальные склоны отличаются сглаженными выпукло-вогнутыми формами с широким развитием аккумулятивных шлейфов, характерных для равнинных стран.

## Овраги, условия их образования, овражная эрозия.

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 (лат. «эродо» – размываю), образуя уже более глубокие борозды – зарождающиеся овраги.

Таким образом, **овраги** — это глубокие промоины на склонах рельефа, которые образуются в результате эрозионной деятельности временных потоков поверхностных вод. Овраги типичны для равнин и наиболее активно образуются в легко размываемых осадочных породах. Так, в степных районах, где очень большое распространение на поверхности Земли имеют лессовые образования, овраги имеют исключительно широкое развитие. В тех случаях, когда овраг достигает значительной глубины, вскрывается подземная вода. В таком овраге возникает постоянный водоток, что усиливает его развитие.

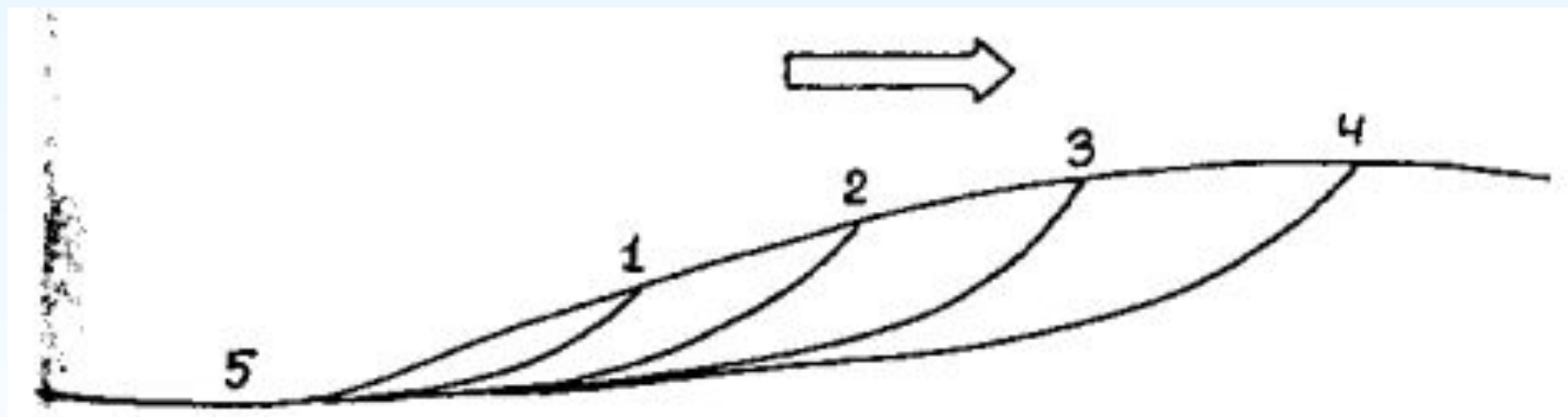


Овраг в плане (а) и продольном разрезе (б):  
1 — вершина; 2 — направление роста оврага;  
3 — устье; 4 — конус выноса; 5 — река; 6 — базис эрозии; 7 — ложе

В овраге различают вершину, устье, ложе и борта. Растет овраг движением от устья вверх по склону и при этом углубляется и расширяется за счет размыва ложа и бортов. Развитие оврага заканчивается, когда дальнейший размыв ложа становится невозможным в связи с тем, что абсолютная отметка низшей точки устья сравнялась с уровнем бассейна (озеро, река и т. д.), в который впадает водоток оврага. Этот уровень называют **базисом эрозии**.

## Овраги, условия их образования, овражная эрозия.

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**. Постепенно овраг своим истоком приближается к водоразделу, а устьем – к базису эрозии. Интенсивная эрозия углубляет дно или **талевег** оврага, по которому переносится мелкозернистый материал. Достигнув, наконец, своего базиса эрозии, овраг вступает в зрелую стадию своего развития, его продольный профиль приобретает вогнутую форму, а поперечный – V – образную, с крутыми осыпающимися склонами, которые стремятся достигнуть угла естественного устойчивого откоса. Постепенно профиль оврага становится очень пологим в своей нижней части и крутым в верхней. Вода, периодически текущая по дну оврага, переносит мелкий, плохо окатанный и сортированный материал, формируя его скопления около устья, т.н. конус **овражного выноса**. Осадки, откладывающиеся в оврагах, называются **овражным пролювием**.



Пятящаяся эрозия оврага. Рост оврага происходит в направлении стрелки.

1-4 - стадии роста;

5 – базис эрозии оврага



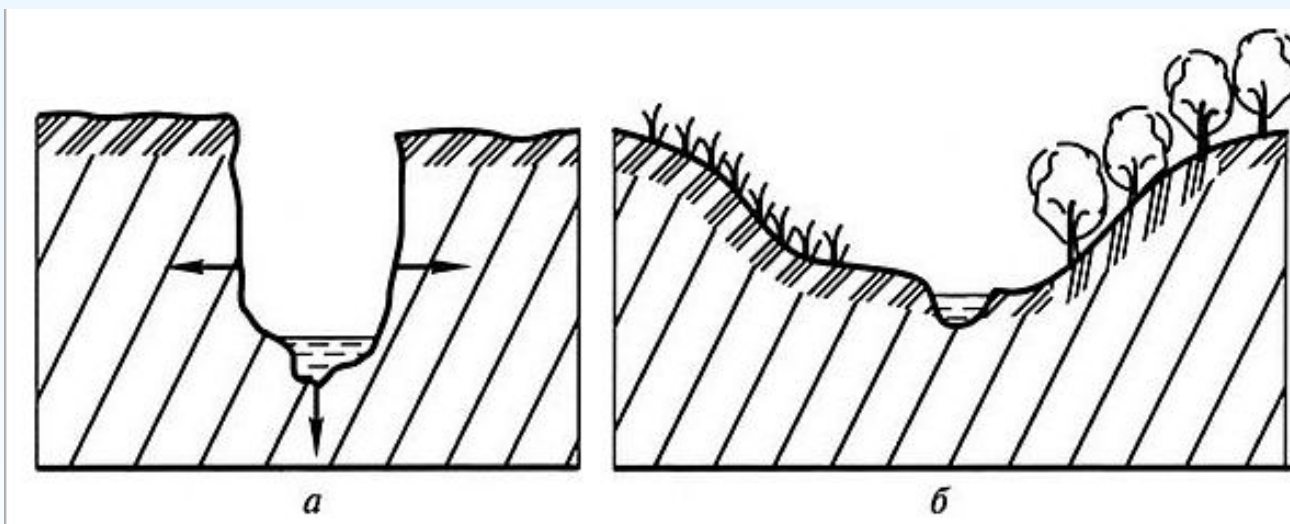
## Овраги, условия их образования, овражная эрозия.

В соответствии с процессами, протекающими в овраге, его можно разделить на три участка; верхний (верховье оврага) — происходит размыв дна, т. е. донная эрозия; средний — осуществляется перенос продуктов разрушения; нижний — идет накопление осадков.

Наиболее активная зона оврага — его верховье. Именно здесь наблюдаются интенсивный рост и движение оврага вперед. Обычно овраг имеет несколько отвержков, которые все вместе образуют овражную сеть. Последняя часто наблюдается по крутым берегам рек.

Различают молодые (растущие) и старые овраги. Молодые характеризуются интенсивной глубинной эрозией и V-образным сечением. Они, как и реки, стремятся выработать продольный профиль равновесия. Старые овраги имеют U-образную форму сечения, профиль равновесия их выработан. Для них характерен в основном процесс отложения овражного пролювия. Овраги, подобно рекам, способны омолаживаться в результате понижения базиса эрозии. При благоприятных условиях рост оврагов происходит с большой скоростью: за несколько лет на месте небольшой промоины возникает овраг глубиной 16 м.

Все овраги разделяются на активные, т. е. развивающиеся, и не-развивающиеся, которые называют балками. Активный овраг имеет небольшую ширину в сравнении с глубиной, борта обрывистые, без растительности. Балки — это овраги, которые прекратили свое развитие, но оно может возобновиться, если снизится уровень базиса эрозии



Поперечный разрез активного оврага (а) и балки (б)

Оврагообразование наносит огромный вред народному хозяйству. Оно приводит к осушению целых областей, так как дренируются горизонты подземных вод и увеличивается испарение. Понижается и уровень грунтовых вод, постепенно исчезает растительность. За этим следуют процессы выветривания и эрозии почвы, в результате чего плодородные земли превращаются в пустыри. Овраги разрушают дороги.



## Сель, причины возникновения, борьба с селями.

Селевые потоки. **Сель или силь** — (от араб, sail — горный, быстро несущийся поток). Сели типичны для горных районов и возникают высоко в горах в результате обильных ливней или быстрого таяния снегов и ледников. При этом в русле относительно небольшой горной речки в результате оползней, обвалов или осыпей может возникнуть естественная плотина, за которой образуется горное озеро. Плотина с течением времени не выдерживает все возрастающего напора воды и прорывается. В результате масса воды вместе с массой пород, слагавших тело плотины, собирается в единый поток в главном ущелье, смывает и захватывает по дороге элювий и делювий. В результате водный поток обогащается твердым материалом и превращается в грязекаменную массу.

Для возникновения селей необходимы: значительные уклоны речных долин, балок, оврагов, горных склонов; ливневый характер атмосферных осадков или бурное таяние снегов в верховьях; большое количество рыхлых продуктов выветривания в пределах водосборного бассейна реки или оврага (суглинки, супесь, глина, выветрелые сланцы).

Селевые потоки бывают грязевыми, когда переносится мелкообломочный материал; каменными, в которых обломки могут достигать огромных размеров, и грязекаменными.

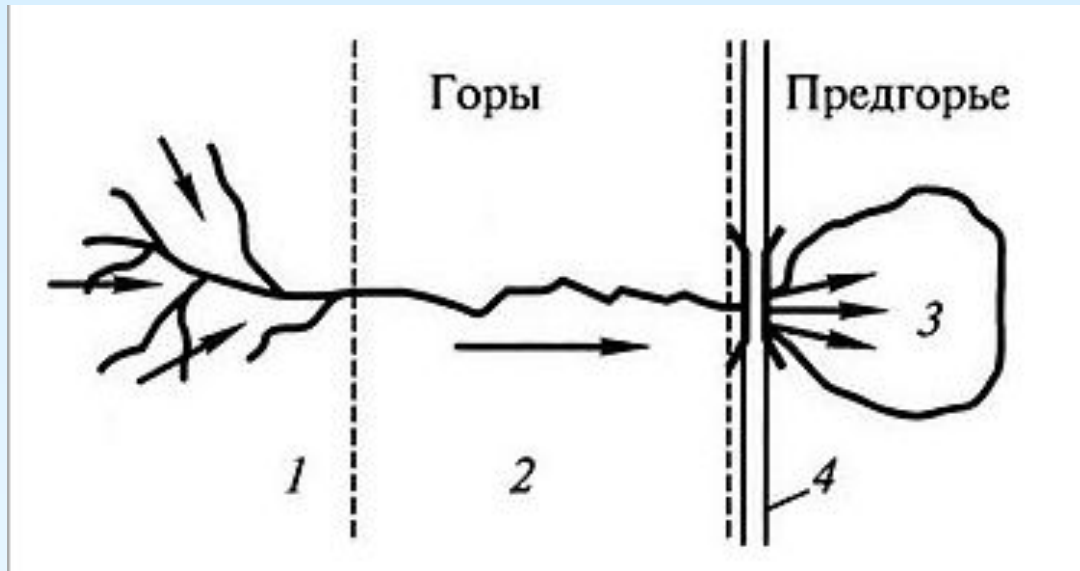
Селевые потоки возникают внезапно, особенно для районов, расположенных у подножия гор, действуют в течение короткого промежутка времени, не превышающего несколько часов. Общий объем грязекаменных материалов, смываемых одним селем, может достигать 20 000 м<sup>3</sup> с 1 км<sup>2</sup>. Диаметр переносимых валунов иногда достигает 1—1,5 м и более. Содержание крупных обломков достигает 15%. На периферии селевых выносов отлагается тонкий пылевидный осадок — **пролювиальный лёсс**.

История помнит немало случаев катастрофических селей.

## Сель, причины возникновения, борьба с селями.

Район, где возникает сель, в целом называют **селевым бассейном**, в котором выделяют три зоны:

1) площадь водосбора (область питания), 2) путь движения селя (канал стока или транзитная зона) и 3) область отложения каменного материала в виде конуса выноса, состоящего из пролювия.



Селевый бассейн:

1 — селевый бассейн; 2 — транзитная зона (канал стока); 3 — конус выноса; 4 — автодорога

Разрушительное действие селевых потоков обусловлено большими скоростями движения и наличием в них обломков горных пород. Скорость движения может достигать 6—8 м/с. На своем пути сели вырабатывают глубокие русла. В сухое время года эти русла бывают сухими или содержат небольшие ручьи.

Селевые потоки бывают связные и несвязные. К связным относят грязекаменные потоки, в которых вода практически не отделяется от твердой части, они имеют плотность 1,5—2 т/м<sup>3</sup> и обладают сокрушительной силой разрушения. Несвязные сели называют **водокаменными**. Вода переносит каменный материал и по мере уменьшения скорости оставляет его в русле (ущелье) или в области конуса выноса в предгорной части. Полезные площади, населенные пункты и дороги оказываются погребенными под толщей грязи, песка и камней.

Селевые потоки часто проявляются в горах Кавказа, Урала, Сибири, Алтая и т. д. При строительстве автодорог в районах предгорий всегда определяют селеопасные направления, но при этом следует учитывать, что в последние десятилетия сели стали появляться там, где их раньше не было. Чаще всего это связано с вырубкой горных лесов, нарушением дерновых покровов при массовом выпасе скота.

Сели разрушают автодороги в ущельях гор и на выходе из них. Особенно сильно разрушаются мосты, размываются насыпи, проезжая часть дорог покрывается слоем грязи и камней. Такие дороги нуждаются в капитальных восстановительных работах.

## Сель, причины возникновения, борьба с селями.

Борьба с селями носит защитный характер. В ущельях ставят поперечные стены для гашения скорости движения селей, создают каналы для отвода селевых потоков в соседние котловины (селехранилища). На участках конусов выноса берега рек забирают в высокие стены, чтобы поток не разливался по площади, мосты делают с большой водопропускной способностью, над дорогами устраивают железобетонные желоба (селедуки), по которым может скатываться селевый поток, и осуществляют многие другие мероприятия.

Строительство дорог и размещение аэродромов в селеопасных районах требует тщательных инженерно-геологических изысканий. Обследованию подлежат: 1) селесборный бассейн, 2) транзитная зона, т. е. путь движения селевого потока и 3) конус выноса селевого материала.

Селевый бассейн можно обследовать аэрофотосъемкой, путь движения и конус выноса изучают геологическими разведочными работами. В местах возможного строительства противоселевых сооружений выполняют буровые скважины или шурфы. При обследовании конуса выноса определяют границы растекания селя, т. е. площадь, которую может занять обломочный материал селевого потока.

В результате инженерно-геологических изысканий селевого района создают карту конуса выноса и несколько геологических разрезов. На базе этого устанавливают место и способы пересечения конуса выноса с автодорогой (земляное полотно, мосты, защитные сооружения). Опыт показал, что наиболее рациональным решением является прокладка трассы дороги через низовой участок транзитной зоны. Для этого иногда бывает достаточно ограничиться строительством моста с одним пролетом.



## Геологическая деятельность рек. Циклы речной эрозии и омоложение рек. Речные отложения, их особенности.

Река — это постоянно действующий (в течение многих тысяч лет) водный поток, протекающий в долине и характеризующийся достаточно большой протяженностью (от нескольких до тысяч километров). Ежегодно реки выносят в океан 36,56 тыс. км<sup>3</sup> воды, в среднем за 1 с через поперечное сечение всех рек нашей планеты протекает 1140 тыс. м<sup>3</sup> воды, и почти вся она стекает в океан. Реки играют большую роль в геологической жизни континентов. Не менее четверти поверхности всех материков находится под непосредственным воздействием речных потоков, а общая площадь суши, дренируемой речными системами, составляет почти 100 млн км<sup>2</sup>.

Для зарождения реки необходимы два основные условия: источник питания и наличие уклона в рельефе.

По характеру питания различают реки дождевого, снегового, ледникового, подземного и смешанного питания.

Наиболее распространен поверхностный сток (дождевой и снеговой), но в некоторых случаях важную роль играет и подземный источник питания.

В строении реки различают исток, русло, устье и притоки. Русло реки обычно имеет сложную форму и определяется коэффициентом извилистости  $K$ :

$$K = L/l,$$

где  $L$  — истинная длина реки;  $l$  — расстояние по прямой между истоком и устьем.

Поверхность, по которой течет река, называется речным ложем. Река вместе с притоками образует водосборную площадь реки, или бассейн реки. Границы бассейнов, которыми обычно служат горы или возвышенность рельефа, называются водоразделами.

Содержание воды в реке подвержено сезонным колебаниям. В период дождей или таяния снегов, т. е. в период половодья, уровень воды в реке достигает максимума (высокий горизонт); в период засухи уровень воды снижается до минимума (меженный горизонт).

## Геологическая деятельность рек. Циклы речной эрозии и омоложение рек. Речные отложения, их особенности.

В некоторых случаях реки могут совсем пересыхать. Резкий подъем уровня воды в реках называется паводком.

Скорость течения реки в вертикальном поперечном ее разрезе (так называемое живое сечение) непостоянна. Меньше она у берегов и больше в центральной части. Максимальная скорость течения реки отмечается на глубине, составляющей примерно треть ее максимальной глубины. Проекция точек с максимальной скоростью течения на поверхности реки образует ее стрежень. Общее количество воды в реке определяет ее полноводье.

Разрушительная работа рек называется речной эрозией. Она зависит от характера движения воды и её скорости. Течение воды в реке может быть ламинарным и турбулентным. В первом случае вода движется упорядоченно, спокойно и как агент эрозии почти не дает эффекта. Во втором случае движение воды происходит беспорядочно, по перекрещивающимся траекториям. Турбулентное течение проявляется в виде водоворотов, завихрений и оказывает на ложе реки наиболее сильное эрозионное воздействие.

Скорость реки определяется уклоном местности — величиной отношения перепада отметок истока и устья реки к расстоянию по горизонтали, на котором этот перепад отмечается. С увеличением скорости реки возрастает и ее способность к транспортировке того или иного материала, увеличиваются размеры переносимых рекой обломков, что также усиливает эрозию. Согласно закону Эри, при увеличении скорости течения реки в 2 раза её способность к транспортировке возрастает в 64 раза, а при увеличении в 3 раза — в 729 раз. Способность реки производить работу определяется ее кинетической энергией или живой силой, которая определяется по формуле:

$$E = mv^2/2,$$

где E — энергия текучей воды; m — расход (масса) воды, протекающий через поперечное сечение реки; v — средняя скорость течения воды.

## Геологическая деятельность рек. Циклы речной эрозии и омоложение рек. Речные отложения, их особенности.

Следовательно, чем полноводнее река и чем с большей скоростью она течет, тем большей разрушительной силой она обладает.

Ложе реки разрушается под действием, в основном, трех факторов: абразии, гидравлического выпахивания и растворения.

**Абразия** подразумевает механическое разрушение дна под действием ударов, а также трения обломков и осадочных частиц, которые влечет река. Осадочный материал переносимый рекой, выполняет роль эрозионного инструмента, который строгает, долбит и шлифует речное русло.

**Гидравлическое выпахивание** обуславливается стачивающим и расклинивающим действием и подъемной силой движущейся воды. Водоток способен разрыхлять, поднимать и перекачивать по дну частицы грунта, а также выбивать и увлекать в движение кусочки твердой породы.

**Растворение** происходит за счет растворяющей способности воды, содержащей вещества (диоксид углерода, органические кислоты и т. д.), усиливающие эту ее способность. По оценкам ученых, на континентах ежегодно растворяется около 5 млрд. т. твердого вещества.

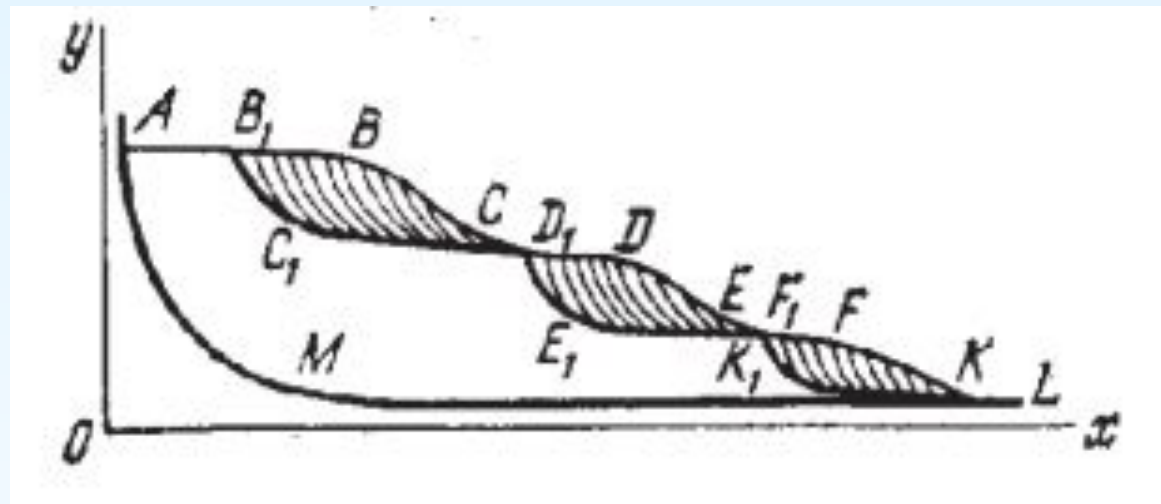
Скорость речной эрозии составляет в среднем 0,001 мм/год на равнинах и 0,5 мм/год в горах. Средняя же скорость речной эрозии на континентах равна 1 мм за 20 лет. Это означает, что за счет речной эрозии все континенты смогли бы быть сnivelированы до уровня Мирового океана всего за 18 млн. лет. Однако процессу эрозии противостоят рельефосозидающие процессы. Скорость речной эрозии в значительной степени зависит от прочности коренных горных пород, по которым течет река.



## Геологическая деятельность рек. Циклы речной эрозии и омоложение рек. Речные отложения, их особенности.

Различают **глубинную (донную)** и **боковую эрозию**. Первый вид эрозии выражается в углублении русла реки (разрушительная сила при этом направлена вглубь Земли); второй вид эрозии — в разрушении берегов, расширении речной долины. Оба вида речной эрозии проявляются одновременно, однако в зависимости от места реки и периода ее развития может развиваться тот или иной вид эрозии. Так, в верховье реки преобладает глубинная эрозия, а в низовье — боковая.

Конечная цель речной эрозии — выработка **продольного профиля равновесия реки**, представляющего собой кривую изменения высот дна реки на всем ее протяжении — от истока до устья.



Продольный профиль равновесия реки:  
AML – в период зрелости; ABCDEFK – в юности;  
B1C1C, D1E1E, F1K1K- на отдельных участках

Форма продольного профиля реки определяется первичным рельефом местности, перепадом высот между истоком и устьем, количеством притоков, прочностью горных пород речного ложа и т. д. По мере эрозионной работы реки ее продольный профиль непрерывно углубляется, приближаясь к уровню бассейна, куда впадает река. Этот уровень получил название **базиса эрозии**. Профиль равновесия формируется не только по всей длине реки, но и по отдельным ее частям, поэтому в одной и той же реке может возникнуть несколько продольных профилей равновесия.

## Геологическая деятельность рек. Циклы речной эрозии и омоложение рек. Речные отложения, их особенности.

При чередовании мягких и крепких пород в русле реки образуются уступы и связанные с ними пороги, перекаты и водопады. На дне крупных водопадов падающая вода выдалбливает углубления, ямы, чаши — *исполинские котлы*. При разрушении уступа водопад как бы отступает к истоку реки, происходит пятающаяся, или регрессивная, эрозия. Так, отступление самого крупного в мире Ниагарского водопада продолжается уже около 36 тыс. лет, за это время он отступил на 13 км.

С течением времени все неровности рельефа, по которому течет река, сглаживаются и вырабатывается ее продольный профиль равновесия. Донная эрозия такой реки прекращается практически на всем протяжении, устанавливается равновесие между эрозией и прочностью пород. Однако с течением времени такое равновесие может нарушаться, что приведет к росту перепада высот между истоком и устьем реки. В этом случае речная эрозия проявится с новой силой. Именно поэтому в жизни реки различают несколько периодов: юность, зрелость и старость.

Юность реки характеризуется невыработанным продольным профилем равновесия. В этот период преобладает *глубинная эрозия*. Течение реки бурное, скорость максимальная. Русло изобилует порогами, водопадами; долина таких рек имеет Г-образную форму и выражена *ущельями* и *каньонами*. Русло юных рек спрямлено, коэффициент извилистости минимален.

Зрелость реки наступает по мере приближения рельефа речного дна к продольному профилю равновесия. Глубинная эрозия преобладает в верхнем течении реки; в среднем и нижнем течении ведущую роль играет уже боковая эрозия. Долина реки расширяется, приобретает U-образную форму. Увеличивается коэффициент извилистости реки, русло реки часто изгибается, образуя *излучины* и *меандры*. Скорость течения зрелой реки равномерно уменьшается от истоков к устью.

## Геологическая деятельность рек. Циклы речной эрозии и омоложение рек. Речные отложения, их особенности.

Старость реки характеризуется еще большей выработанностью профиля равновесия, который наиболее близок к равновесному состоянию, но все же круче у истока. По всему течению реки преобладает боковая эрозия, что приводит к размыву берегов, с одной стороны, и намыванию *кос* и *пляжей*, с другой.

Интенсивность разрушения берегов, при прочих равных условиях, в северном и южном полушариях непостоянна. В северном полушарии правый берег подвержен боковой эрозии в большей степени, чем левый. В южном полушарии наоборот, левый берег размывается быстрее правого. Поэтому у рек северного полушария правый берег обычно круче левого, у рек южного полушария — круче левый берег. Указанное явление объясняется, главным образом, вращением Земли вокруг оси и получило название правило Бэра (по имени К. М. Бэра — ученого, установившего его).

В старости длина реки за счет увеличения ее извилистости повышается, возрастает и количество петлеобразных излучин — *меандр*, появляются *старицы*, *отмели*, *плесы*, *перекаты*.

Периоды юности, зрелости и старости образуют цикл эрозии реки. В жизни реки циклы эрозии повторяются, в результате происходит омоложение рек. Обусловлено это рядом причин: понижением базиса эрозии, повышением истока или какого-либо другого участка реки, изменением климата местности в сторону существенного увеличения объема осадков. Каждое омоложение вызывает новый цикл речной эрозии. При этом вначале русло реки углубляется (период юности), а в дальнейшем происходят размыв новых берегов и увеличение ширины речной долины (период старости). Прежние берега оказываются приподнятыми над новым уровнем реки и отодвинутыми в стороны. Такие приподнятые остатки прежних речных берегов получили название речных (надпойменных) террас. Следовательно, каждый пережитый рекой цикл эрозии отмечается формированием надпойменных террас. Их нумерация идет снизу вверх — от более молодой к более старым.



## Геологическая деятельность рек. Циклы речной эрозии и омоложение рек. Речные отложения, их особенности.

Транспортирующая работа рек проявляется в переносе того или иного материала путем перетаскивания и перекатывания его по дну во взвешенном и даже в растворенном состояниях. Перенос по дну крупных обломков (валунов, глыб) путем их волочения доступен лишь молодым, бурным рекам.

В придонном слое реки обычно транспортируется песчаный или глинистый материал. В некоторых случаях таким образом рекой переносится довольно большое количество материала.

Транспортирующая способность реки усиливается еще и тем, что обломки горной породы при погружении в воду теряют 40 % своей массы. В среднем, скорость транспортировки песка равна половине скорости течения реки.

В процессе донной транспортировки обломки горных пород сортируются, истираются, обтачиваются и шлифуются. Этот процесс называется **коррозией**. Конечная ее стадия — полное истирание переносимых водой обломков. Скорость коррозии зависит от состава пород. Так, при массе 40 г галька песчаника полностью истирается на протяжении 10—15 км пути, галька глинистого сланца — 30—40 км, галька известняка — 40—80 км, галька гранита — 250—300 км. Эти цифры ориентировочны, поскольку скорость истирания зависит также от скорости течения реки, количества воды, рельефа дна и т. д.

Большое количество материала переносится реками во взвешенном состоянии. В среднем для рек мира эта концентрация оценивается в 360 мг/л (мутность воды открытого океана 0,1 мг/л). Естественно, что перемещение мелких частиц во взвешенном состоянии — очень эффективный способ транспортировки.

Приблизительно 40 % всего транспортируемого реками материала переносится в растворенном состоянии (химический сток). Подсчитано, что на континентах ежегодно растворяется 5 млрд. т. твердого вещества, большая доля которого переносится реками. Чаще всего в растворенном состоянии транспортируются такие легкорастворимые соли, как NaCl, KCl, MgSO<sub>4</sub>, CaSO<sub>4</sub> карбонаты (CaCO<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), различные соединения железа, фосфора. Перенос осуществляется как в истинных, так и в коллоидальных растворах.

## Геологическая деятельность рек. Циклы речной эрозии и омоложение рек. Речные отложения, их особенности.

Созидательная работа рек выражается в накоплении новых осадочных пород речного типа, которые называются **аллювиальными** (лат. — нанос, намыв). Как уже отмечалось, реки несут огромное количество материалов в твердом состоянии и в растворе. Ежегодно в моря и океаны реки выносят почти 20 млрд. т. веществ, из которых почти 18,5 млрд. т. — твердые частицы. В среднем по всему земному шару взвешенные наносы рек соответствуют сносу 201 т. материала с каждого 1 км<sup>2</sup> суши. Весь сносимый реками материал по мере падения скорости течения реки и уменьшения ее транспортирующей способности оседает и идет на формирование **аллювия**. Он состоит из глины, песка, гравия, гальки, щебенки, иногда валунов и глыб. Состав этих обломков зависит от тех коренных пород, которые размывают реки. Это могут быть магматические, метаморфические или осадочные породы. Иногда аллювиальные отложения скреплены цементом. В этом случае возникают плотные, сцементированные образования — конгломераты, брекчии и т. д.

Выделяются следующие разновидности аллювиальных отложений:

- 1) русловые — наиболее крупные обломки, залегающие в руслах рек;
- 2) пойменные — глины, суглинки, мелкозернистые пески с органическим веществом, находящиеся в речных поймах;
- 3) старичные — супесь, ил с органическим веществом, расположенные в речных старицах, лиманах;
- 4) дельтовые — песчано-глинистый материал, минеральные зерна хорошо окатаны и отсортированы. Это особый тип речных отложений, накапливающийся уже вне реки, непосредственно в том месте, куда впадает река. Формирование дельтовых отложений во многом специфично. Во-первых, накопление их происходит сравнительно быстро. Такое «ураганное» накопление осадков, по предложению А. П. Лисицина, названо **лавинной седиментацией**. Во-вторых, дельтовые осадки образуют в море огромные линзы осадочных масс, скапливающиеся там, где происходит лавинная седиментация. В таких линзах вместе с осадочным материалом локализуются и многочисленные органические остатки, участвующие в дальнейшем в нефтегазообразовании. В связи с этим осадочные линзы древних рек представляют большой интерес в отношении нефтегазоносности.

## Геологическая деятельность рек. Циклы речной эрозии и омоложение рек. Речные отложения, их особенности.

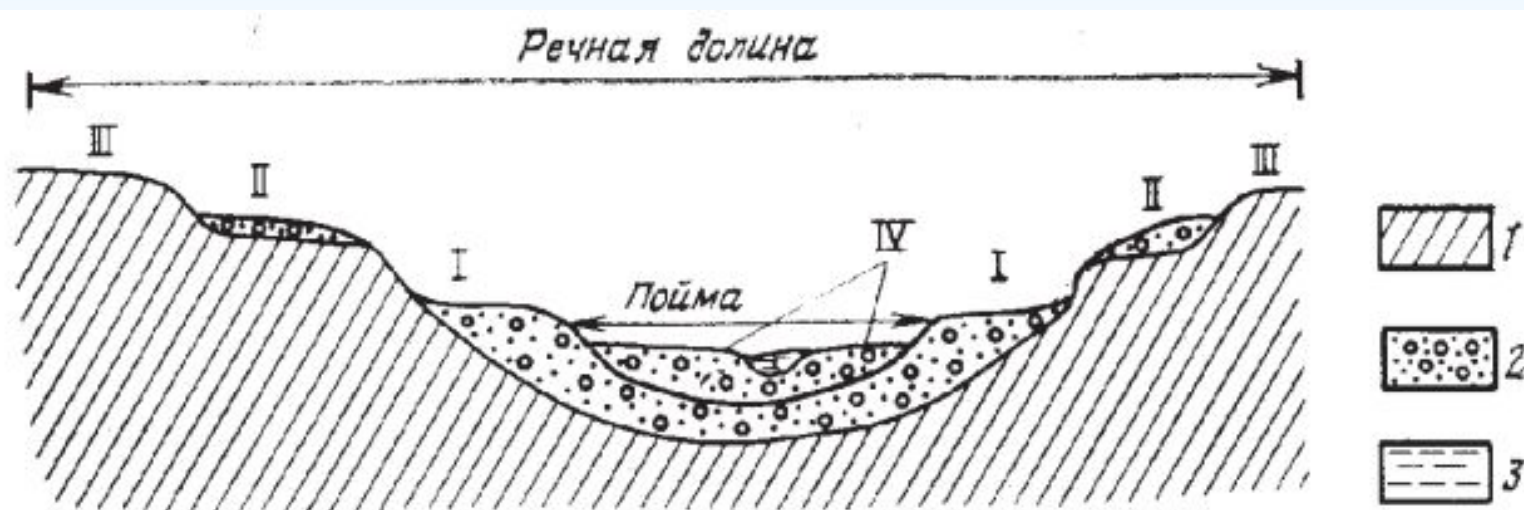
**Аллювиальные отложения** характеризуются хорошей окатанностью, отсортированностью и слоистостью. Обычно в основании залегает базальный слой — грубообломочный галечник, валуны; вверх по разрезу он постепенно сменяется все более тонкозернистым материалом. В разрезе речных отложений, как правило, наблюдается ритмичное повторение таких пачек, что обусловлено неоднократным повторением циклов речной эрозии.

В некоторых случаях аллювиальные отложения характеризуются косой слоистостью.

Среди аллювия нередко встречаются россыпные месторождения полезных ископаемых. Реки, размывая горные породы, одновременно вымывают и содержащиеся в них ценные минералы. Эти минералы переносятся рекой, частично истираются, растворяются и, в конечном итоге, скапливаются в долинах рек в аллювии, образуя промышленные скопления. Так возникают россыпные речные месторождения золота, платины, вольфрама, касситерита, некоторых драгоценных камней (алмаз) и др.

### РЕЧНЫЕ ДОЛИНЫ И УСТЬЯ РЕК

Под **речными долинами** понимают узкую (по сравнению со своей длиной) вытянутую, часто извилистую форму рельефа, в наиболее углубленной части которой течет река. В строении речной долины различают дно, русло, пойму и террасы.



Геологический профильный разрез через речную долину.

Надпойменные террасы:

I — аккумулятивная, II — цокольная, III — эрозионная, IV — пойменные террасы (аккумулятивные);

1 — коренные породы; 2 — аллювиальные отложения; 3 — река



# Геологическая деятельность рек. Циклы речной эрозии и омоложение рек. Речные отложения, их особенности.

**Дно** — это углубление в рельефе, где течет река.

Наиболее низкая часть дна называется **руслом**.

**Пойма**, или **пойменная терраса** — это территория, прилегающая к руслу и заливаемая водой в половодье.

**Террасы** — уступообразные формы по склонам речной долины. Это остатки прежних пойменных террас, приподнятые в результате тектонических процессов и частично размытые рекой. Строение террас различно. В первую очередь, оно зависит от характера слагающих ее отложений. Различают аккумулятивные, цокольные, эрозионные и структурные террасы.

Аккумулятивные террасы (или террасы накопления) сложены речными наносами, весь обрыв таких террас состоит из различных аллювиальных отложений. Аккумулятивные террасы формируются следующим образом: вначале рекой намывается аллювий, который толстым слоем заполняет речную долину, а затем река постепенно углубляет свое русло, размывая нанесенные ею ранее осадки.

Цокольные террасы (или смешанные) состоят как бы из двух этажей: нижний — цоколь террасы, сложен коренными породами речной долины, а верхний — аллювиальными отложениями. Мощность аллювия в этом случае значительна, но она не превышает высоты террас, поэтому в террасовых уступах ниже толщи аллювия обнажаются коренные породы основания долины.

Эрозионные террасы, или террасы размыва, возникали в результате эрозионной деятельности реки в коренных породах. Сложены они коренными породами и лишь с поверхности прикрыты тонким слоем аллювия. Подобные террасы образуют ступени, целиком врезанные в коренные горные породы.

Структурные террасы представляют собой террасовидные уступы, возникшие в результате различной прочности коренных пород речной долины.

## Геологическая деятельность рек. Циклы речной эрозии и омоложение рек. Речные отложения, их особенности.

В процессе своего развития реки, путем интенсивной эрозии, способны прорезать водораздел и перехватывать реки с соседних водосборных площадей. Этот процесс получил название **перехвата** (обезглавливания) рек. В результате образуются **проходные долины**, рассекающие водораздел в поперечном сечении.

Строение речных устьев во многом определяется динамическим соотношением между количеством приносимых рекой осадков, волновыми, приливно-отливными процессами и тектоническими поднятиями или опусканиями в прибрежной зоне. Различают два типа речных устьев: **дельты** и **эстуарии**.

**Дельты** (по сходству с греч. буквой  $\Delta$ ) — это участки суши, которые образуются за счет накопления аллювиальных отложений в прибрежной зоне моря. Дельты представляют собой равнину, слабо наклоненную в сторону моря и прорезанную рукавами реки.

Дельта сложена осадками, принесенными рекой в море. Слои осадков наклонены в сторону моря и залегают параллельно первоначальному положению морского дна. С течением времени дельта растет в сторону моря, длина ее может достигать сотен километров. Дельтовые отложения представлены обычно галечником, песками, песчаниками, глинами, известняками. Образованию дельты способствуют многие причины: относительно крутое дно моря или озера в устье реки; значительная разница в солености воды реки и бассейна, куда река впадает; большое количество обломочного материала, приносимого рекой; отсутствие приливов и сильных течений в районе устья. Все это приводит к тому, что масса осадков быстрее оседает на дно моря, чем успевает размываться волнами, приливом или отливом.

Образованию дельт способствуют также и медленные тектонические поднятия в устье реки, которые приводят к значительному перемещению ее русла в сторону моря.

В результате увеличения дельт средний уклон речного ложа уменьшается. Снижается и скорость течения воды, а следовательно, и разрушающая способность реки. Таким образом, с увеличением размера дельт река испытывает старение.

# Геологическая деятельность рек. Циклы речной эрозии и омоложение рек. Речные отложения, их особенности.

**Эстуарий** — это устье реки, которое в виде узкого залива глубоко вдаётся в пределы суши.

Область каждого эстуария некогда представляла собой сушу, о чем свидетельствуют речные террасы, которые встречаются иногда на дне эстуариев.

Образование эстуариев связано с медленными опусканиями и затоплениями суши, прилегающей к морскому бассейну. В результате длина реки уменьшается, а средний уклон дна увеличивается. Все это несколько усиливает процессы глубинной эрозии, т. е. способствует омоложению реки.

С усилением глубинной эрозии растет количество обломочного материала, выносимого рекой. Этот материал оседает в пределах эстуария, засоряя его и образуя мели, острова, косы. Возникают отдельные бассейны, слабо связанные между собой. Они называются лиманами. Формированию лиманов способствуют также береговые течения, намывающие у входа в эстуарии песчаные косы из песка, гравия, гальки, битой ракушки. Коса преграждает путь из реки в море.

В нижних частях эстуария вода застаивается, поступление кислорода сюда практически прекращается. Живые организмы, попавшие из моря в лиманы, погибают вследствие повышенной солености, оседают на дно и разлагаются. Образуются илы, обогащенные органикой и углеводородами. Такие илы называют сапропелевыми. Классический пример такого засоренного эстуария — озеро Сиваш (гнилое море), представляющее собой эстуарий Днестра. Сапропелевый ил используется в качестве лечебных грязей.