

# Инженерная геодинамика

---

# ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

- проявляются в развитии геологических явлений, то есть в последовательном и закономерном изменении рельефа земной поверхности, вещественного состава и строения земной коры и внутреннего строения Земли в целом.
- Подразделяются на процессы:
  - - внутренней динамики Земли (эндогенные геологические процессы;
  - - внешней динамики (экзогенные геологические процессы)

# *Классификация геодинамических процессов и явлений*

При подразделении геологических процессов и явлений необходимо учитывать силы, которые обуславливают их возникновение и развитие.

<i>Геодинамические процессы</i>	<i>Геологические явления</i>
Процессы, связанные климатическими факторами	с Выветривание горных пород Эоловые процессы Ледники
Процессы, обусловленные деятельностью поверхностных вод: а). поверхностных вод на склонах; б). текучих вод рек; в). дождевых и талых вод в горных районах; г). вод морей и океанов	Плоскостная эрозия Струйчатая эрозия Оврагообразование Речная эрозия Селевые потоки  Абразия (разрушение берегов)
Процессы, обусловленные деятельностью подземных вод	Суффозия Плывуны

<p>Процессы, обусловленные совместной деятельностью поверхностных и подземных вод</p>	<p>Заболачивание Просадочные явления Карстовые процессы</p>
<p>Гравитационные процессы на склонах</p>	<p>Оползни Обвалы Осыпи</p>
<p>Процессы, обусловленные промерзанием и оттаиванием пород</p>	<p>Морозное пучение Термокарст Наледи Солифлюкция Бугры пучения</p>
<p>Процессы, обусловленные внутренними силами Земли</p>	<p>Магматизм Вулканизм Землетрясения Моретрясения</p>
<p>Процессы, обусловленные инженерной деятельностью человека</p>	<p>Затопление и подтопление территорий Оседание земной поверхности при откачке воды и нефти Деформирование оснований зданий и сооружений Деформирование откосов искусственных выемок и др.</p>

# Экзогенные геологические процессы. Выветривание.

Выветриванием называется совокупность процессов физического разрушения, химического и биологического преобразования горных пород и минералов.

Процессы выветривания тесно связаны с взаимодействием поверхностной части земной коры с атмосферой, гидросферой и биосферой.

Часть земной коры, где происходит преобразование минералов, называется *зоной выветривания* или *зоной гипергенеза*.

# Выветривание

**Выветривание**- процесс разрушения горных пород под действием поверхностных факторов (внутрисуточные и внутригодовые колебания температуры, замерзание воды в трещинах и порах, химическая агрессия воды и растворенных в ней веществ, работа корневой системы растений и т.п.).

Ветер (как это не странно) здесь по большому счету не причем.



# Выветривание

Типы выветривания	Причина	Результат
Физическое	Суточные и годовые амплитуды (перепады) температур	Механическое разрушение горных пород
Химическое	Воздействие воды, кислот	Изменение химического состава горных пород
Биологическое	Воздействие растительных и животных организмов	Механическое и химическое разрушение горных пород

**Физическое выветривание** выражается в механическом дроблении горных пород без существенного изменения их минерального состава.

Физическое выветривание происходит, в основном, под действием изменения температуры (суточные, сезонные), солнечной инсоляции, приводящей к неравномерному нагреванию и охлаждению минералов, замерзания - оттаивания воды, содержащейся в порах, пустотах и трещинах горных пород, кристаллизации солей содержащихся в капиллярной воде, действия сверлящих (роющих) животных, животных, корневой системы растений.

Существенных изменений минерального состава обломков при этом не происходит.

Особенно сильно разрушение пород наблюдается при проникновении воды в микротрещины, которая при замерзании увеличивается в объеме на 9-11% и развивает давление на породы до 240 МПа – это явление называется **морозное пучение**.

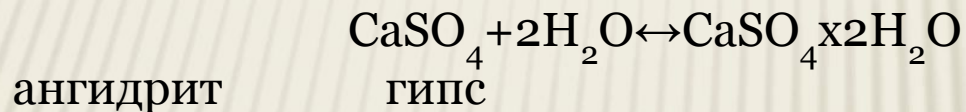
Физическое выветривание характерно для Арктики, Антарктики, горных районов, областей аридных зон – пустынь, полупустынь со скудным содержанием влаги в почве, весьма малым годовым количеством осадков при сильном солнечном нагреве, со значительным колебанием суточных и сезонных температур.



**Химическое выветривание** выражается в разрушении горных пород путем изменения их состава и растворения химическими реагентами: водой, кислородом, углекислотой и органическими кислотами. Характеризуется глубоким преобразованием пород и большой проникающей способностью.

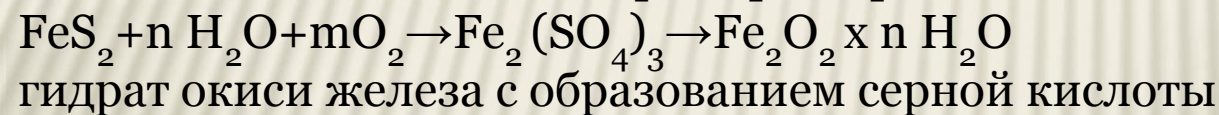
*Растворение* происходит под воздействием воды и приводит к полному или частичному разрушению пород (каменная соль, карбонаты, гипс).

*Гидратация* – процесс присоединения молекул воды к кристаллической решетке минералов:



*Дегидратация* процесс обратный гидратации.

*Окисление* в качестве примера пирит:



*Гидролиз* разложение дисоциированной водой минералов с выносом растворенных продуктов и образованием новых соединений.

*Карбонатизация* процесс образования солей углекислоты.

Интенсивности химического выветривания способствует дробление пород в результате физического выветривания.

Наиболее интенсивно химическое выветривание проявляется в условиях теплого и влажного климата.

**Биологическое выветривание** (органическое) проявляется в разрушении пород в процессе жизнедеятельности живых организмов и растений, в результате воздействия органических кислот, роста корней, деятельности землеройных организмов, бактерий и т.д.

Действие биологического выветривания проявляется повсеместно.

В результате воздействия на породы всех видов выветривания происходит их разрушение, а продукты выветривания могут оставаться на месте или перемещаться.

**Элювий** - продукты выветривания оставшиеся на месте разрушения "материнской" породы.

**Коллювий** – обломочный материал перенесенный к подножью склона под влиянием силы тяжести.

**Делювий** – продукты выветривания перенесенные к подножью склона поверхностными временными водотоками.

**Пролювий** – продукты выветривания выносимые по ложбинам временными водотоками большой силы.

**Аллювий** продукты речной эрозии.

## Кора выветривания

- В результате физического и химического выветривания на месте залегания материнских пород возникает особое геологическое образование, получившее название **кора выветривания**. В минеральном отношении она состоит из различного сочетания первичных минералов, устойчивых к агентам выветривания, промежуточных продуктов выветривания и конечных продуктов разложения минералов. Образование коры выветривания происходит в течение длительного времени и проходит ряд последовательных этапов.
- В вертикальном разрезе коры выветривания (снизу вверх) наблюдается четкая зональность - смена слабо измененных пород полностью переработанными продуктами выветривания. Характерной особенностью зонального строения кор выветривания является зависимость его от состава разрушаемых пород.



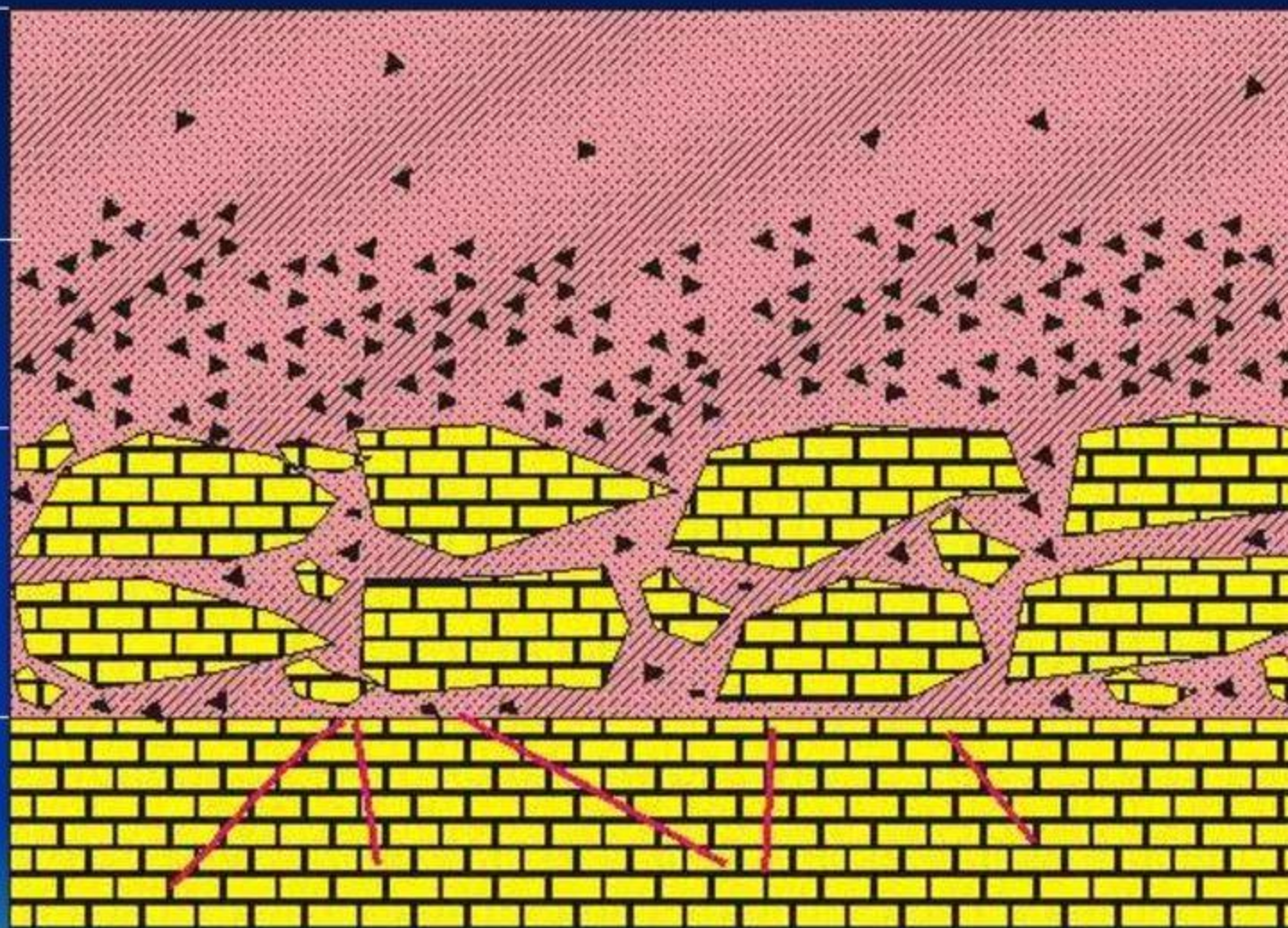
# Разрез коры физического выветривания

Зона  
тонкого  
дробления

Мелкооб-  
ломочная  
зона

Глыбовая  
зона

Монолитная  
материнская  
слаботреци-  
новатая  
порода



# Площадные и линейные коры выветривания

Площадные коры распространены на больших площадях и представляют собой остатки древних автоморфных кор.

Линейные коры приурочены к зонам разломов или контактам толщ разного состава. Они имеют значительную мощность.



# Коры выветривания



- **Коры выветривания (остаточные)** – рыхлые и обломочные оставшиеся на месте продукты физического, химического и биохимического разрушения и разложения минералов и горных пород.
- **Почва** – верхняя часть коры выветривания, обогащенная гумусом. Важнейшее свойство почв – плодородие. Почвенный слой – **педосфера**.

# Техногенное (антропогенное) выветривание

---

- Выветривание, связанное с хозяйственной деятельностью человека, способно сильно менять горные породы и рельеф Земли.



## **Мероприятия, предотвращающие развитие процесса выветривания:**

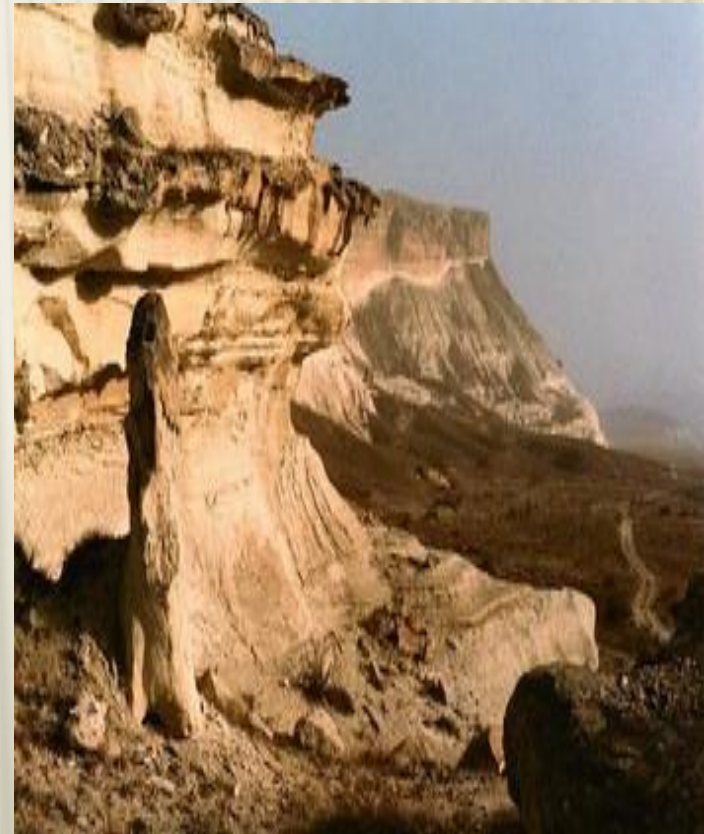
- 1. Ограничение доступа к горным породам для главных агентов выветривания: отвод атмосферных, поверхностных и подземных вод, покрытие обнажений, изолирующее их от внешних воздействий.**
- 2. Повышение устойчивости горных пород тампонажем трещин и карстовых пустот, укреплением методами технической мелиорации и т.п.**
- 3. Ограничение масштабов формирования техногенных обнажений с обязательной рекультивацией осваиваемых территорий.**
- 4. Управление процессом перемещения современного элювия на склонах и откосах.**
- 5. Организация геодинамических мониторингов разного уровня на территориях интенсивного выветривания на искусственных обнажениях.**



# ЭОЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

## ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ВЕТРА

- Все процессы, обусловленные деятельностью ветра, создаваемые ими отложения рельефа и формы называют *эоловыми*.
- (Эол - бог ветров в греческой мифологии).
- Геологическая деятельность ветра заключается:
  - в разрушении горных пород (гипергенез),
  - переносе продуктов разрушения,
  - и накоплении (аккумуляции) продуктов разрушения в виде скоплений.
- Наиболее сильно эти процессы проявляются в пределах пустынь, полупустынь, в долинах рек и на морских побережьях.



# Разрушительная деятельность ветра

- ▣ **Дефляция** (от лат. «deflatio» - сдувание) - процесс выдувания и развеивания ветром частиц рыхлых горных пород.
- ▣ **Корразия** (от лат. «corrado» — скоблю, соскребаю) — процесс механического истирания горных пород обломочным материалом, переносимым ветром. Заключается в обтачивании, шлифовании, и высверливании горных пород.



# Эоловая транспортировка

Перенос материала ветром может осуществляться в следующих формах:

- перекатыванием,
- путем скачкообразных движений,
- во взвешенном состоянии.

## ▣ Аккумулятивная деятельность ветра

- ▣ Аккумулятивная деятельность ветра заключается в накоплении эоловых отложений, среди которых выделяются два генетических типа - **эоловые пески** и **эоловые лёссы**.
- ▣ Эоловый лёсс (нем. «Loss» от «lose» - рыхлый, нетвёрдый) - отложения, сложенные пылеватыми частицами, неслоистые, обладающие высокой пористостью.



<http://www.kusnetsova.blogspot.com>



# ФАКТОРЫ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ РАЗВИТИЮ ЭОЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ:

---

- отсутствие или разреженность растительного покрова, определяющее наличие непосредственного контакта горных пород, слагающих территорию, и воздушных потоков атмосферы;
- частые ветры;
- наличие больших объёмов рыхлого материала, способного перемещаться ветром.



# ЭОЛОВЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА

**Дюны** – это холмовидные накопления песка, высотой до 20-40 м и более, образуются по берегам рек и морей, в результате навевания ветром песка возле какого-нибудь препятствия (кустарников, зданий и т.д.). Движение дюн происходит за счет перекачивания песчинок, скорость движения дюн от 0,5 до 25 м/год.

**Барханы** возникают в пустынях, где дуют ветры одного направления. Форма барханов серповидная, высота может достигать 60-70 м, ширина крыльев десятки и сотни м, скорость передвижения от 5-6 до 50-70 м/год.

## *Бугристые пески*



# МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ОТ ЭОЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ

---

подразделяются на *профилактические* и *активные*

- К профилактическим относят:
- Запрещение устройства любых строительных выемок, карьеров и других открытых выработок без должной защиты от развевания и переноса песчаных масс.
- К активные мероприятия:
- Фитомелиорация, закрепление песков посадкой местной древесной, кустарниковой растительности;
- Устройство щитовидных ограждений вдоль дорог для задержки песчаных заносов;
- Закрепление песков со связующими материалами;
- Устройство защитных лесополос.

A photograph of a mountain valley. The foreground is a lush green field with yellow wildflowers. The middle ground shows a valley floor with green vegetation and a rocky path. The background features steep, dark mountains with patches of snow on their peaks and upper slopes. The sky is clear and blue.

**ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЛЕДНИКОВ**

## Ледники

подвижные скопления льда на поверхности суши — образуются там, где в течение года выпадает больше снега, чем успевают растаять.

Выпавший снег постепенно уплотняется и превращается в **фирн** (зернистый непрозрачный лед), а затем в **глетчерный лед** (плотный прозрачный голубоватый).

Лед обладает способностью под влиянием силы тяжести перемещаться (течь) со скоростью от нескольких метров до 200 км в год. Она возрастает при достижении температуры, близкой к температуре плавления ( $-1$  —  $-2^{\circ}\text{C}$ ) и большом давлении.

Ледники движутся медленно, от 20 до 80 см в сутки, или 100-300 м в год в горных странах. Полярные ледники (Гренландия, Антарктида) движутся еще медленнее — от 3 до 30 см в сутки (10-130 м в год). Лед движется быстрее летом и днем, медленнее зимой и ночью.

В леднике выделяют **области питания и стока:**

- в области питания снег, накапливаясь, образует лед;
- в области стока происходят таяние ледника и его разгрузка механическим путем (отрывы, обвалы, сползание в море).

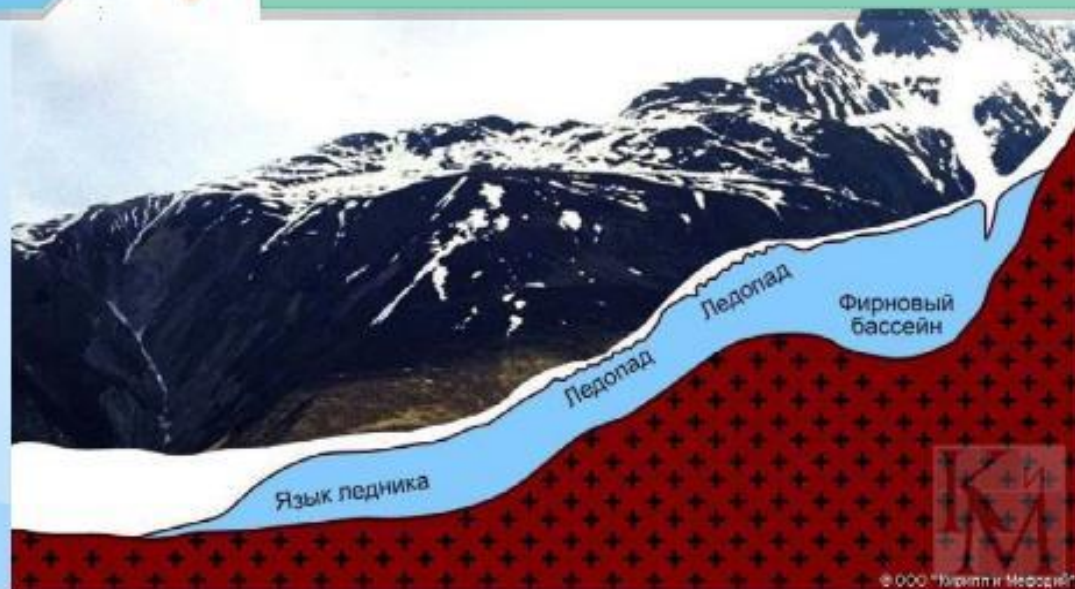
Понижение нижнего края ледника может измениться, оно наступает или отступает.

Ледники покрывают площадь 16,3 млн. км, что составляет почти 11 % суши.



# Основные понятия

Ледник	→	Скопление льда, способное течь.
Фирн	→	Старый зернистый снег.
Язык ледника	→	Область расхода ледника.
Многолетняя мерзлота	→	Толщи замерзших горных пород, не оттаивающие в течение длительного времени
Снеговая линия	→	Линия, выше которой снег не тает.



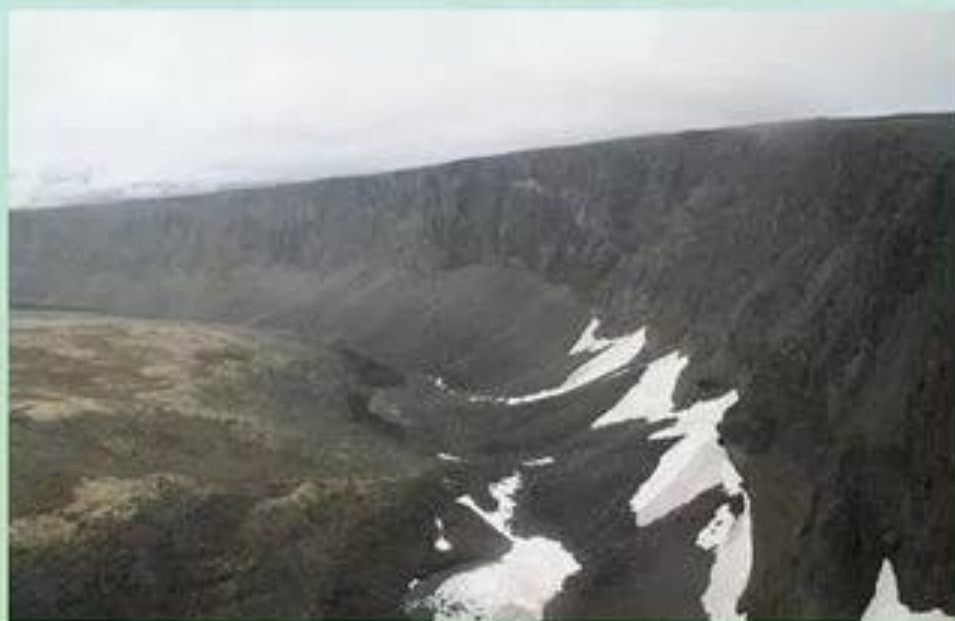
ВЫХОД

назад

Ледниковый цирк. Забайкалье

С деятельностью ледников связано образование **цирков** в вершинной части гор и специфических форм ледниковых долин – **трогов** (нем. "трог" – корыто), развивающихся в большинстве случаев по эрозионным горным долинам.

Гигантский ледниковый цирк.  
Лапландия



# ***Ледники бывают материковыми (покровными) и горными***

**Покровные ледники** имеют имеют плоско-выпуклую форму в виде куполов или щитов, поэтому и называются **ледяными щитами**.

Движение льда в покровных ледниках направлено по уклону поверхности ледника — от центра к периферии. От края этих ледников постоянно откалываются огромные глыбы льда — айсберги, сидящие на мели или свободно плавающие.

**Горные ледники** расположены на вершинах гор, занимают долины и понижения на склонах гор.

Формы ледника predetermined рельефом, но наибольшее распространение имеют **долинные** горные ледники. Самые крупные горные ледники находятся на Аляске и в Гималаях, Гиндукуше, на Памире и Тянь-Шане.



Разрушительная деятельность ледников называется **ледниковым выпахиванием или экзарацией.**

Благодаря большой мощности и высокой плотности ледники при своем движении производят большую разрушительную работу.

В процессе движения ледник переносит и отлагает обломочный материал, называемый **мореной**. При таянии ледников образуются различные потоки воды (реки, ручьи). Они способствуют возникновению водно-ледниковых отложений, сортированных валунов, гальки, песков, суглинков, глин. В ледниковых озерах формируются озерно-ледниковые отложения (ленточные глины).

В результате обработки льдом поверхности горных пород образуются своеобразные округленные формы скал, получившие наименование «бараньих лбов», а также «курчавых скал», «штрихованных валунов» и т. д.



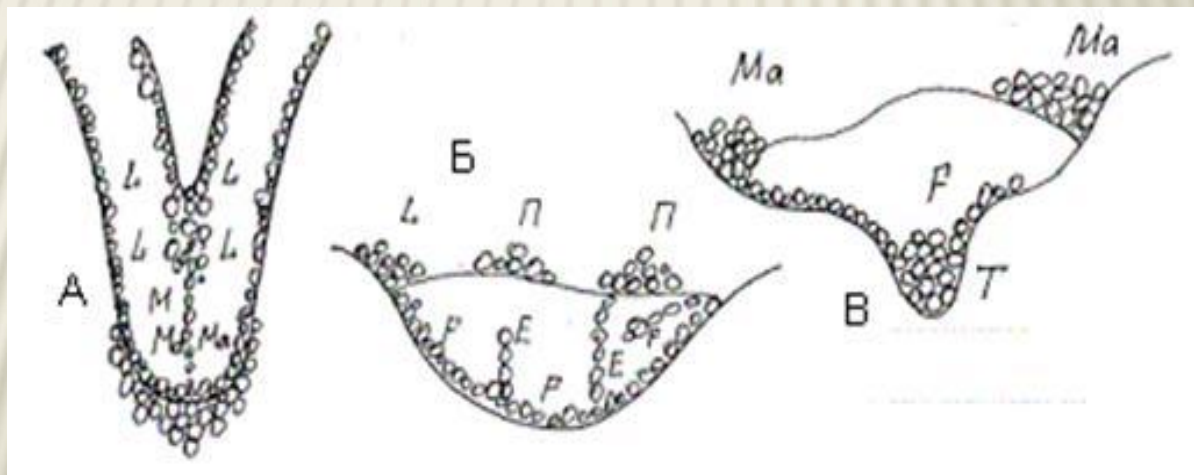
Двигаясь по ущельям или другой какой-либо наклонной плоскости, ледники захватывают продукты разрушения путем вмораживания их в лед. Наличие трещин благоприятствует проникновению обломков внутрь и в нижнюю часть ледников. Таким способом обломочный материал передвигается вместе с ледником.

При таянии льда весь обломочный материал отлагается. Образуются значительные по мощности **ледниковые отложения**.

Обломочный материал, который находится в движении или уже отложился, носит название "**морены**".

Средидвигающегося моренного материала различают морены **поверхностные (боковые и срединные) внутренние** и **донные**.

Отложившийся материал получил название **береговых** и **конечных морен**.



Виды морен:

А – ледниковые в плане; Б – то же, в разрезе; В – поперечный разрез конечной морены ледникового языка. М – срединная морена; F – боковые морены; Т – донная морена;  $M_A$  – боковые.

## **Флювиогляциальные отложения**

отличаются сравнительной отсортированностью и слоистостью.

Они обычно представлены толщами *песка, гравия, галечника*, а также *глинами* и *покровными суглинками*, которые имеют широкое распространение как в пределах ледниковых отложений, так и далеко за границами оледенения. Мощность покровных суглинков достигает многих метров.

Флювиогляциальные отложения создают характерные формы рельефа:

### ***озы, камы и зандровые поля.***

Накопление обломочного материала (песка, гравия) в виде высоких узких валов получило название ***озы***. Длина озов колеблется от сотни метров до десятков километров, высота – 5–10 м.

***Камы*** представляют из себя беспорядочно разбросанные холмы, состоящие из слоистых отсортированных песков, супесей с примесью гравия и прослоев глины.

Широкие пологоволнистые равнины, расположенные за краем конечных морен, называют ***зандровыми полями***. В их состав входят слоистые пески, гравий и калька.

В озерах, располагающихся перед ледниками, накапливаются мелкозернистые осадки и так называемые ***ленточные глины***, состоящие из чередования темных глинистых прослоев и более светлых прослоев из опесчаненных глин.

Ледниковые образования четвертичного периода обозначаются общим индексом ***gQ***, а флювиогляциальные отложения ***fgQ***.

# Формы ледникового рельефа



# **Процессы, обусловленные деятельностью поверхностных вод**

## **Процессы, связанные с временными водными потоками на склонах**

В процессе круговорота воды в природе атмосферные осадки выпадают на земную поверхность и частично стекают по ней, образуя временные водные потоки. Такие же потоки возникают при сезонном таянии выпавшего снега и образовавшегося в зимний период льда.

Вода этих потоков в течение относительно короткого отрезка времени растекается по поверхности земли в сторону естественных понижений рельефа, совершая при этом значительную геологическую работу — **разрушает горные породы, переносит и откладывает продукты разрушения**, создает специфические формы рельефа.

В общем виде любое разрушающее (размывающее) действие текучей воды носит наименование «**эрозия**».

По характеру движения временные потоки поверхностных вод делят на:

### **плоскостные и струйчатые.**

При *плоскостных* потоках вода по поверхности земли стекает в виде многочисленных мелких струек, которые образуют фактически сплошной поток. Такой поток одновременно размывает всю поверхность земли.

Это явление называют «**плоскостная эрозия**».

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.



# *Результаты деятельности поверхностных временных потоков*



# ***Образование оврагов***

***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.

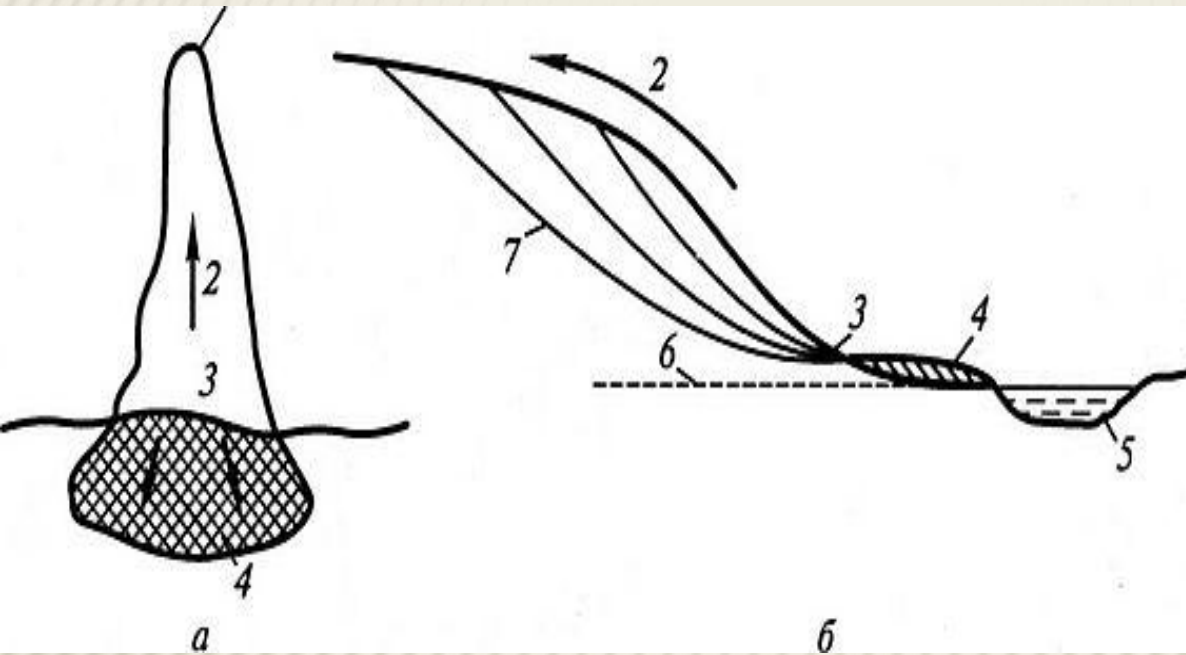
**Причины оврагообразования:** - состав, условия залегания и свойства горных пород;  
- строение склонов и их крутизна;  
- техногенные факторы (уничтожение растительности на склонах, распашка земель, неорганизованный поверхностный сток и др.).



## Строение оврага

В овраге различают **вершину, устье, ложе (дно) и борта**.

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

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**.

Стадии оврагообразования:

- 1) стадия промоины или рытвины;
- 2) стадия врезания оврага вершиной;
- 3) стадия выработки продольного профиля равновесия;
- 4) стадия затухания, овраг превращается в балку или лог.

## Мероприятия по стабилизации овражной эрозии

- Они направлены на
  - - снижение скоростей, расходов и энергии стока «овражных» вод;
  - - повышение эрозионной устойчивости размываемых пород.
- **Инженерные мероприятия** - комплекс гидротехнических сооружений, направленных на водоулавливание, вододержание и водорегулирование поверхностных вод и атмосферных осадков: канавы, лотки, дамбы, валы, плотины.
- **Инженерные мероприятия** направленные на борьбу с растущими оврагами или на восстановление (рекультивацию) пораженной территории: засыпка эрозионных форм с последующей планировкой территории, мощение их камнем, укрепление их бетонными плитами или асфальтом. .

## *Меры борьбы*

- 1) засыпка промоин;
- 2) оконтуривание вершин оврагов системой водоотводящих (нагорных) облицованных канав, что исключает доступ воды в овраги;
- 3) бетонирование вершин оврагов;
- 4) вдоль продольной оси оврагов ставят поперечные стены, которые гасят скорость размывающей воды;
- 5) рядом с дорожными насыпями, которые пересекают овраги и имеют водопропускные трубы, борта оврагов укрепляют стенами или облицовывают плитами;
- 6) посадка древесной растительности;
- 7) мониторинг (постоянные наблюдения) за состоянием оврагов и балок.



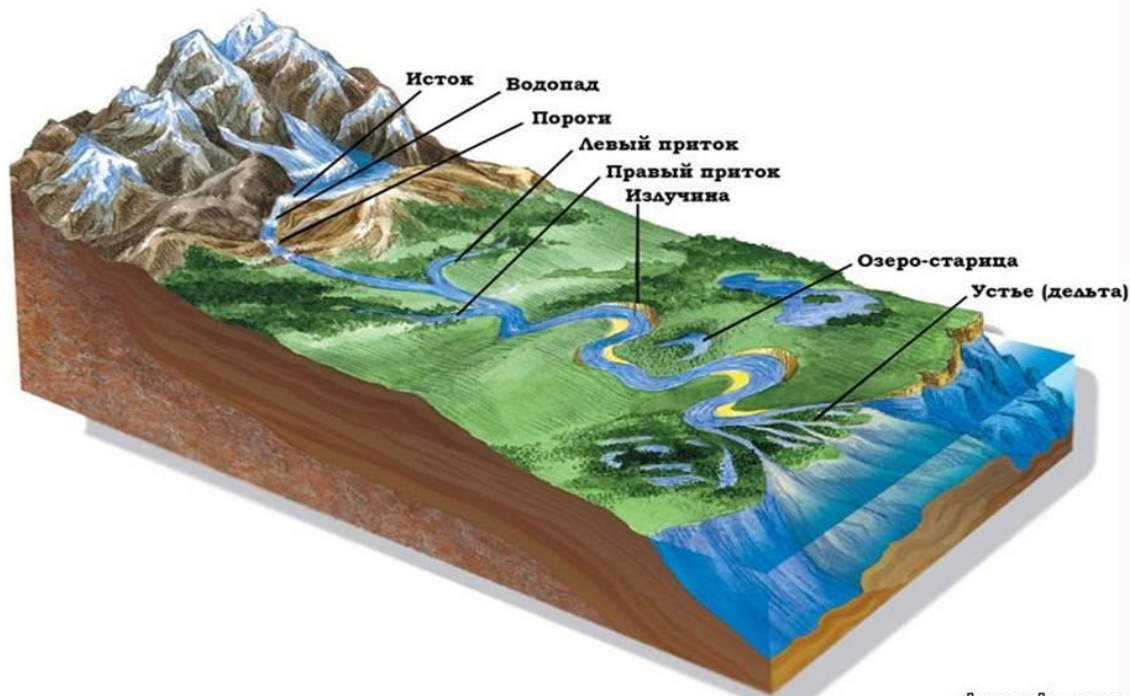
# Геологическая деятельность постоянных водотоков (речная эрозия)

Подземные воды и атмосферные осадки, стекая по оврагам и балкам собираются в постоянные водотоки – **реки**.

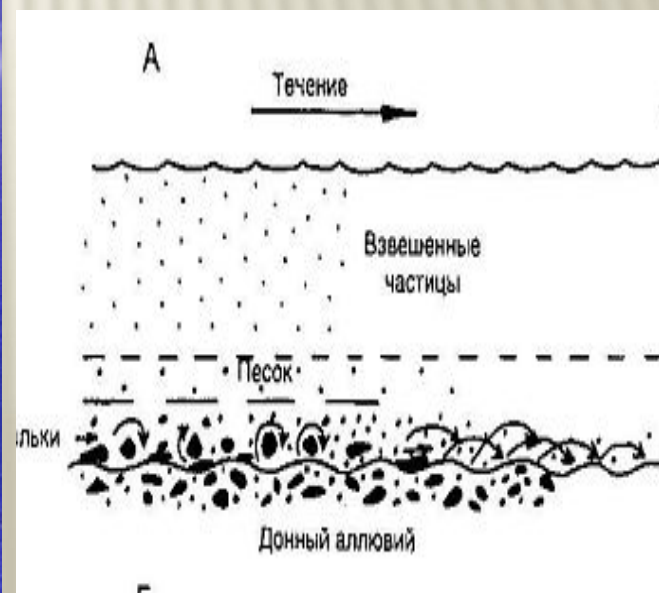
На пути своего движения реки совершают большую геологическую работу:

- разрушают горные породы (эрозия);
- переносят продукты разрушения ( в растворенном виде, во взвешенном состоянии и перекатыванием обломков по дну);
- при определенных условиях откладывает (аккумулирует) продукты разрушения.

Части реки



Перенос продуктов разрушения



# Работа рек

Речная эрозия – это работа реки по размыву и смыву горных пород

Углубляет русло

Расширяет пойму

Вырабатывает террасы

Река углубляет и расширяет свою долину не бесконечно, а до определенного предела

Базис эрозии – это уровень того водоема, куда впадает река

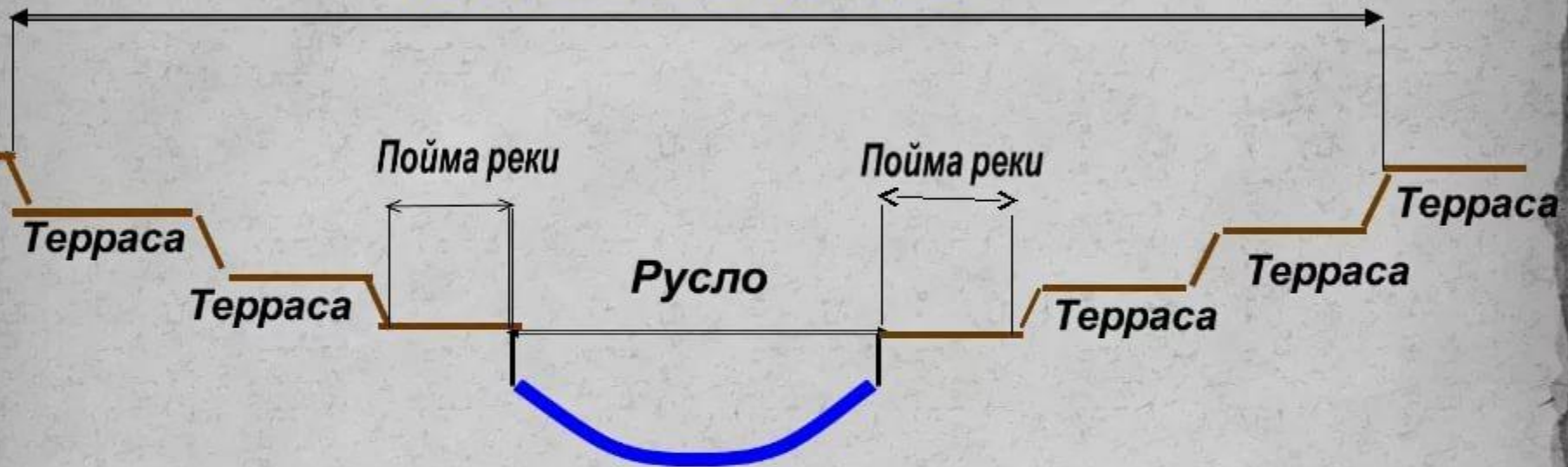
Со временем изменяется

повышается

понижается

# Строение речной долины

## Долина реки



**Речная долина** – продольно вытянутое понижение от истока к устью, созданное рекой

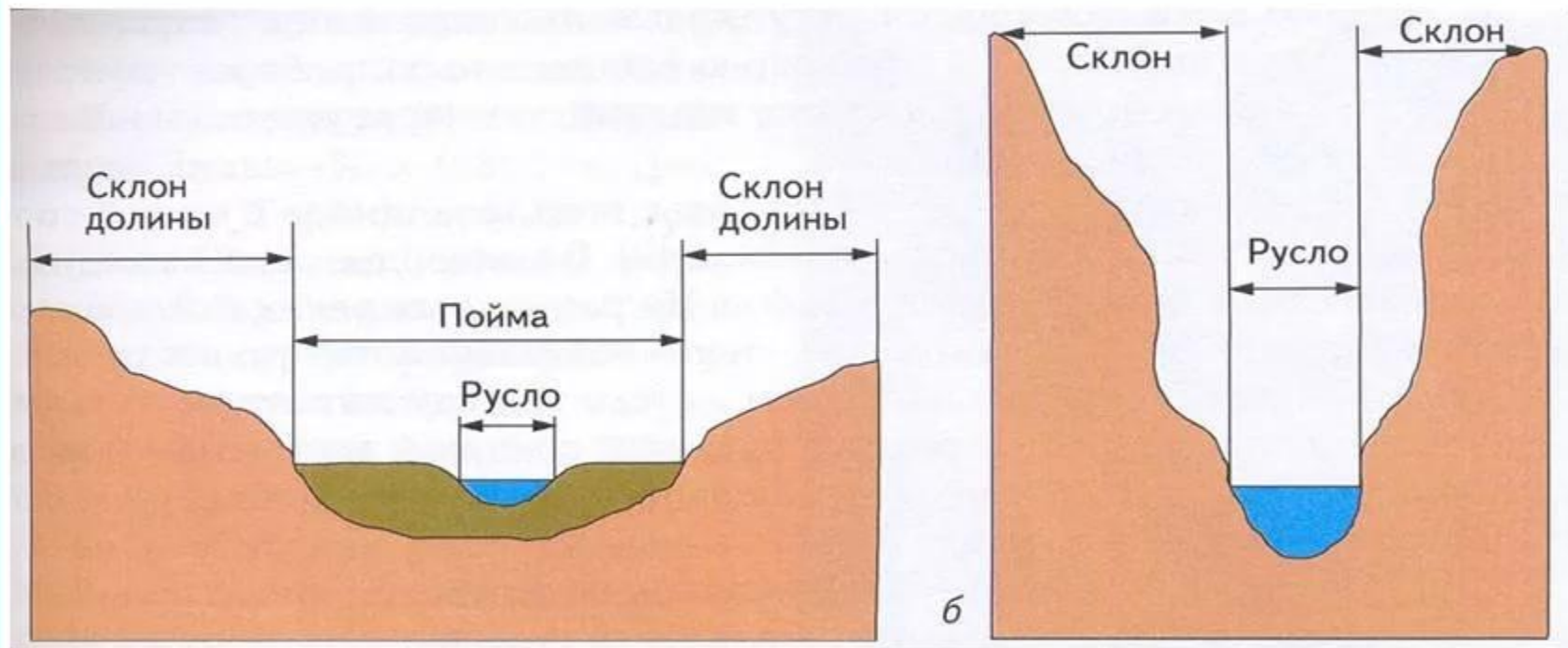
**Пойма** – пониженная часть речной долины, затапливаемое водой в половодье

**Русло** – углубление в речной долине, по которому текут воды реки

**Террасы** – остатки бывших пойм, расположенных на разной высоте, подобные огромным ступеням.



# Виды речных долин



ис. 146. Схемы речных долин: *а* — равнинной реки; *б* — горной реки

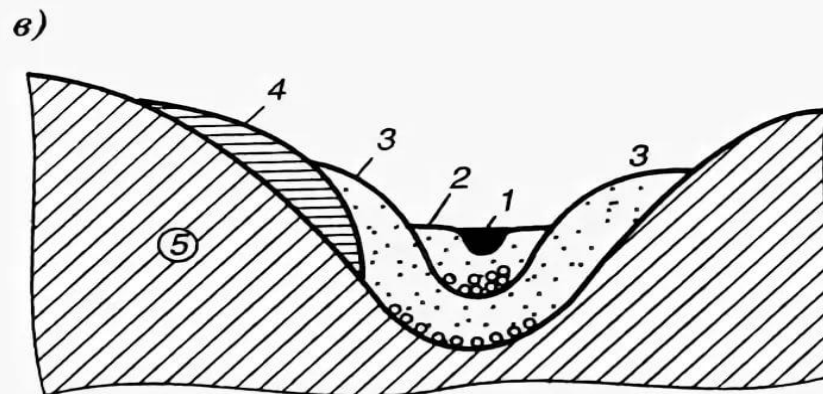
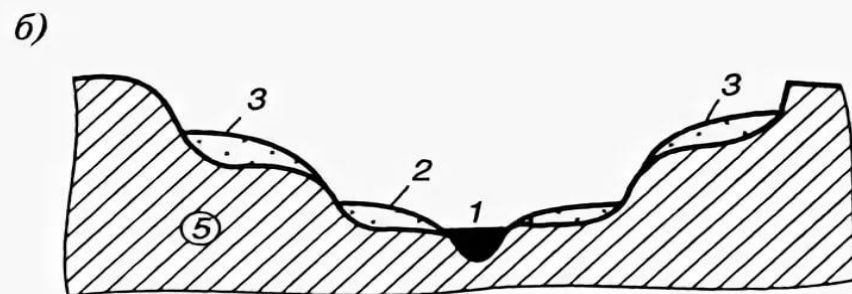
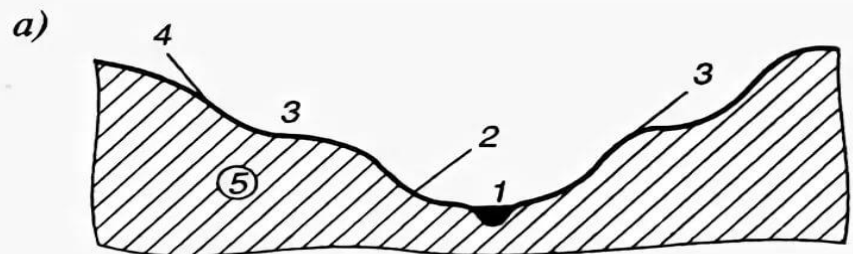
# Классификация речных долин

По форме поперечного профиля

- **Теснина** – молодые глубокооврезанные долины с отвесными склонами
- **Ущелье** – похожи, но склоны не совсем отвесные, поперечный профиль долины U-образный
- **Каньон** (исп. – «труба») – узкие крутостенные глубокооврезанные долины, способны долго сохранять крутизну склонов. Предпочтительнее использовать для долин платообразных территорий (каньон Колорадо). Часто используется как синоним «Ущелью»
- **V-образные долины** – эрозионный врез сопровождается разрушением склонов
- **Ящикообразные** – широкое днище с низкими и не очень крутыми склонами. Характерны для зоны перехода от г к равнинам
- **Корытообразные** – долины типичные для равнин с хорошо развитым террасовым комплексом

# Речные террасы - горизонтальные или слегка наклонённые площадки в долинах рек

- эрозионные (отсутствие аллювия, лишь отдельные гальки, выход коренных гп);
- цокольные (аллювия много, и коренные породы обнажаются только в нижней части бортов долины);
- аккумулятивные (сложены аллювием)



Террасированная долина реки Овайхи.  
Фото Майкла Мелфорда.  
<http://www.nat-geo.ru/>



## РАЗВИТИЕ МЕАНДР И СТАРИЦ

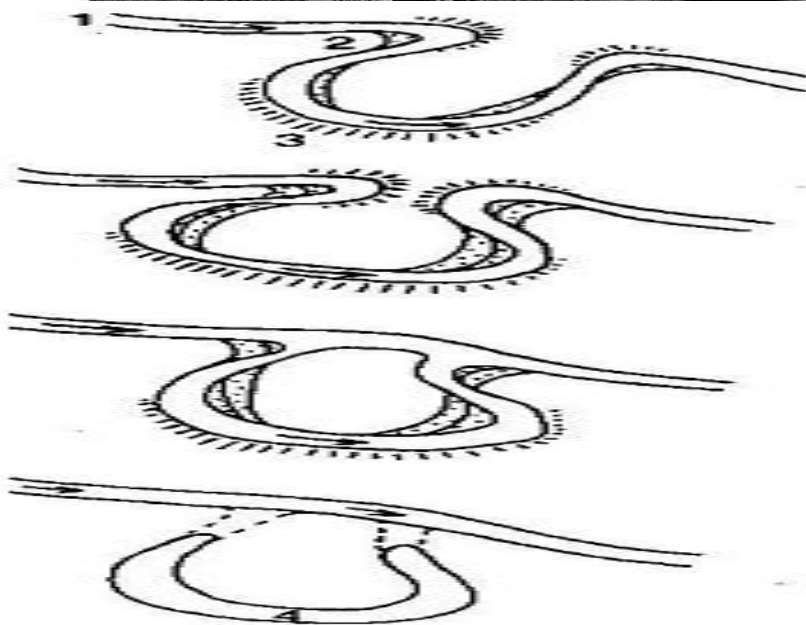


**Меандры** ( от названия р. Меандр в Турции) (излучины) - изгибы, образованные **рекой**.

Двигаясь прямолинейно, струя водного потока (и переносимые ею частицы) при повороте русла ударяется о берег. В результате вогнутый берег интенсивно подмывается, становится обрывистым, а дно реки у вогнутого берега заметно углубляется.

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 или озеро.



# Поперечный профиль реки

## Речная долина

- понижение рельефа, где течет река

Речные террасы

Склон долины

Пойма

-заливаемая часть речной долины  
при подъеме воды в реке

Русло

- углубление, созданное  
рекой, где течет основной  
поток

*Режим реки:*

*Половодье* – ежегодный  
разлив реки (обычно весной)

*Паводок* – кратковременный,  
нерегулярный подъем воды в реке.  
(обычно сильные дожди)

*Межень* – ежегодное падение воды в  
реке (обычно зимой)



# Мероприятия по предотвращению речной эрозии

- К профилактическим относятся агротехнические и лесотехнические предупреждающие мероприятия, реже строительство укрепительных или защищающих от воздействия водного потока сооружений (каменные пригрузки, каналы и др.), а также регулирование водного режима реки, особенно в периоды весенних и осенних половодий.
- Инженерные сооружения создаются для борьбы с боковой эрозией, с гравитационными явлениями на береговых склонах и на участках, угрожающих устойчивости зданий и сооружений. Это подпорные стенки, банкеты, пригрузочные призмы, а также струенаправляющие стенки, располагающиеся под углом к направлению течения реки и отклоняющие его от берега, защитные дамбы и буны, регулирующие направление течения реки.
- Для борьбы с донной речной эрозией применяют укрепление дна каменной наброской и фашинными тюфяками, загруженными камнем.
- В городах реки «одеваются» в камень в виде набережных, пристаней, подпорных стенок и других защитных сооружений.
- На многих реках ограничение их эрозионного воздействия связано со строительством защитных сооружений от гравитационных процессов и явлений на склонах.

## ***Гравитационные процессы –***

**экзогенные геологические процессы обусловленные действием силы тяжести, которые наиболее активно развиваются на склонах, поэтому их часто называют склоновыми процессами.**





Суть гравитационных процессов заключается:

- в разрушении горных пород, которое происходит главным образом в верхней части склона,
- перемещении разрушенного материала вниз по склону,
- накоплении массы горных пород в пониженных частях склона или у его подножия.

Горные породы, участвующие в гравитационных процессах, образуют отложения, которые называются **коллуviем**.

**Коллувиальные отложения** состоят из разнообразных по составу и размеру обломков пород: глыб, щебня, песков, алевритов, глин. Для них характерны плохая сортированность материала, неясно выраженная слоистость и очень изменчивая мощность.



**Оползни** — это скользящее смещение масс горных пород вниз по склону по имеющейся или формирующейся поверхности скольжения под влиянием силы тяжести, при участии поверхностных и подземных вод, когда сдвигающие усилия превышают прочность горных пород в массиве.

Образуются они в различных породах в результате нарушения их равновесия или ослабления прочности.

Вызываются как **естественными**, так и **искусственными** (антропогенными) факторами.

К **естественным** относятся:

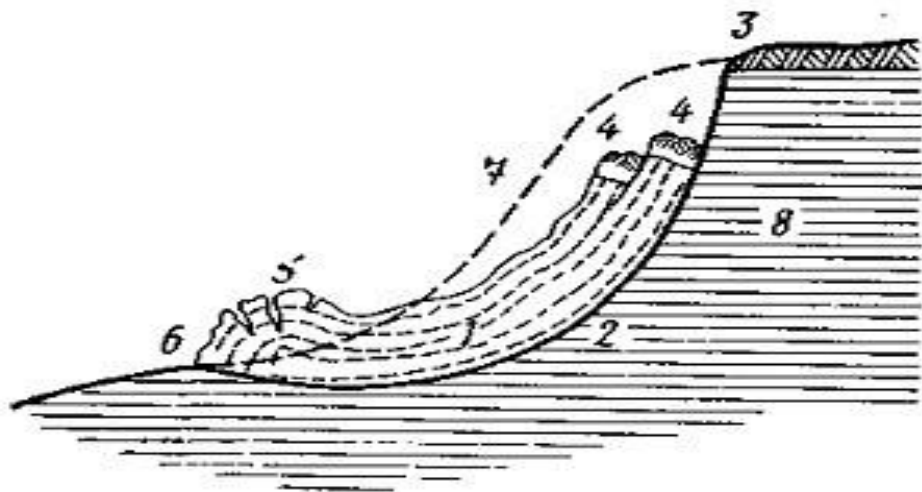
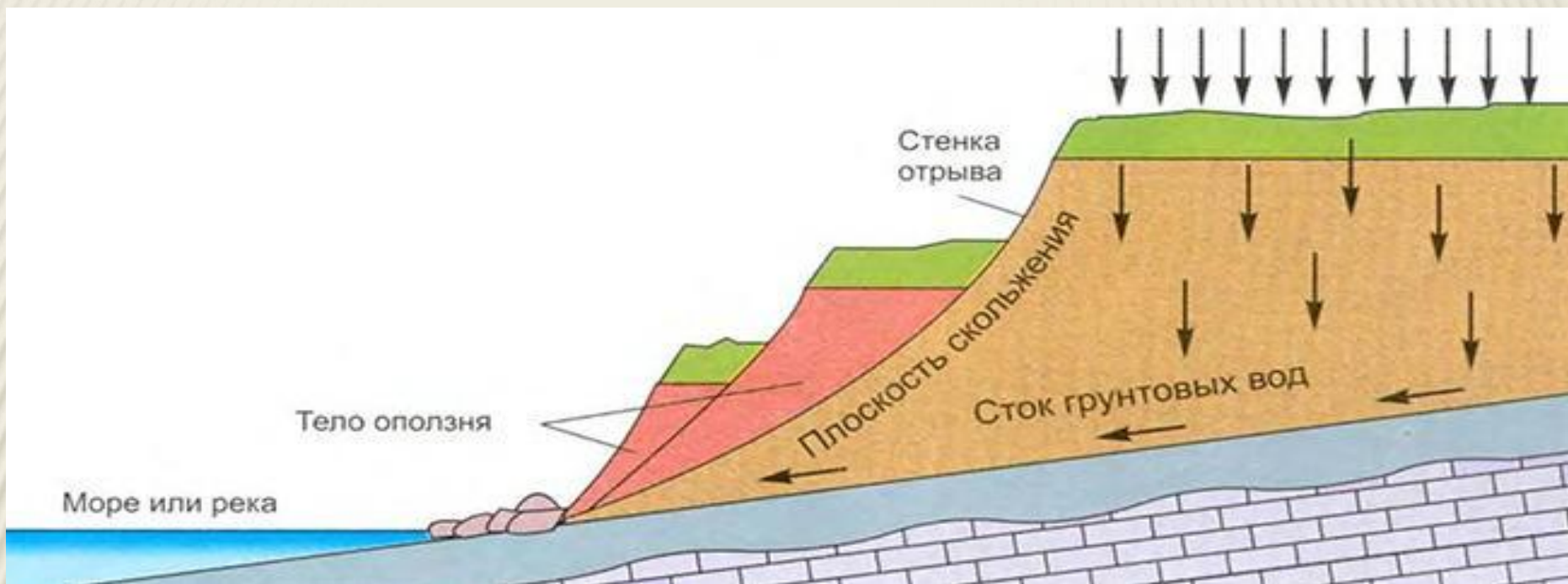
- особенности геологического строения склонов;
- состав, состояние и свойства пород;
- обводненность грунтов за счет поверхностных и подземных вод
- увеличение крутизны склонов;
- подмыв их оснований морскими и речными водами;
- сейсмические толчки.

**Искусственными** являются:

- интенсивное техногенное воздействие в результате строительства на склонах (пригрузка склонов);
- подрезка склонов;
- буровзрывные работы;
- обводнение за счет техногенных вод;
- вырубка леса и др.



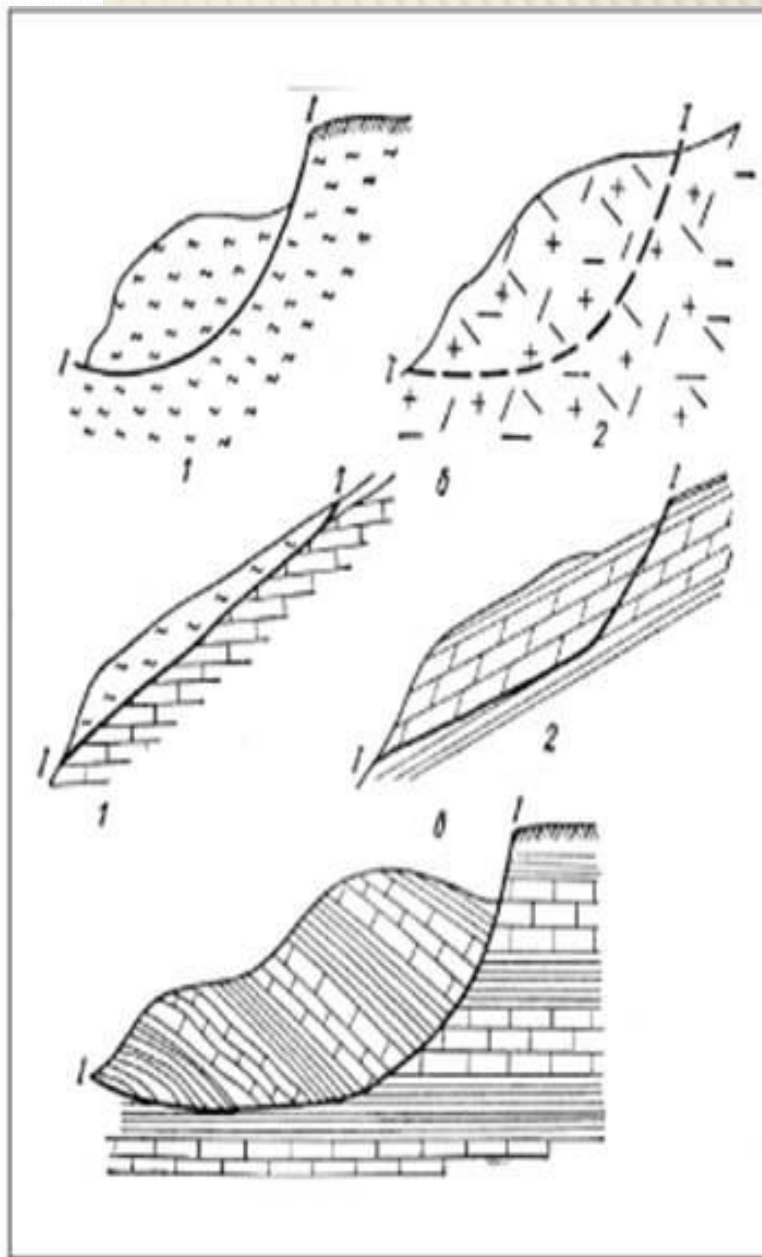
# Строение оползневого массива



- 1 – тело оползня;
- 2 – поверхность скольжения;
- 3 – бровка срыва (тыловой шов);
- 4 – оползневые террасы;
- 5 – вал выпучивания с трещинами (бугор пучения);
- 6 – подошва оползня;
- 7 – положение склона до оползня;
- 8 – коренной массив пород

# Классификация оползней Саваренского Ф.П. по ориентировке поверхности скольжения:

- **Асеквентные**- перемещение по цилиндрическим поверхностям скольжения в однородной, неслоистой подстилающей породе
- **Консеквентные**- перемещение по имеющимся поверхностям с падением в сторону откоса
- **Инсеквентные**- перемещение, при котором поверхность скольжения частично ( в основном в верхней зоне) проходит поперек геологических структур



Тип	Подтип	Механизм формирования	Геологические условия	Морфологические признаки
Оползни скольжения (сдвига)	<b>Инсеквентные (срезающие)</b>	Смещение блоков горных пород с поворотом вокруг некоторой оси вращения, пересекая геологические слои, иногда наследуя системы тектонических трещин.	Образуются на склонах однородного или неоднородного (слоистого и пр.) сложения с пологим или обратным падению склона залеганием слоев.	<i>Форма в плане</i> циркообразная или фронтальная. <i>Поверхность скольжения</i> близка к дуге окружности – круглоцилиндрическая.
	<b>Консеквентные (соскальзывающие)</b>	Смещение массива или блоков пород по поверхностям ослабления (плоскостям напластования, слабыми прослойками, контакту с коренными породами, разломам, древним смещениям и т.п.).	Образуются на склонах неоднородного (слоистого и пр.) сложения, где слои ориентированы по направлению падения склона.	<i>Форма в плане</i> циркообразная или фронтальная. <i>Поверхность скольжения</i> плоская или полигональная.
Оползни течения (вязкопластические)	<b>Сплывы Оплывины</b>	Смещение в виде вязкого или вязкопластического течения (с полной или частичной потерей структурных связей в грунтах).	Образуются на склонах в переувлажненных слабоуплотненных глинистых грунтах.	<i>Форма в плане</i> округлая с нечетким контуром. <i>Поверхность скольжения</i> различная
	<b>Оползни-потоки</b>		Развиваются по ложбинам стока.	<i>Форма в плане</i> потоковая, вытянутая вдоль понижений рельефа. <i>Поверхность скольжения</i> различная.

# Меры борьбы с оползнями

**Пассивная борьба** включает мероприятия профилактического порядка, запрещающие те или иные действия.

Так запрещается:

- подрезка оползневых склонов;
- строительство на склонах и около их бровок;
- производство взрывных и горных работ вблизи оползневой зоны;
- быстрое движение транспорта в оползневой зоне;
- уничтожение растительности на склонах;
- полив земельных участков и сброс на оползневые склоны поверхностных и подземных вод.

**Активные меры** — это устойчиво-инженерные сооружения и специальные меры по закреплению пород оползневого склона или откоса выемки.

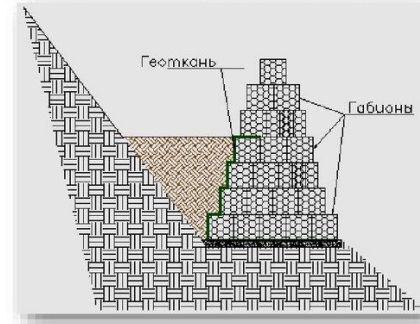
Эти меры разделяются на 4 группы:

- борьба с процессами, вызывающими оползни;
- удержание сползающих земляных масс;
- увеличение сопротивления пород сдвигающему усилию;
- съём оползневых масс до устойчивых пород.

## УДЕРЖАНИЕ ОПОЛЗНЕВОГО МАССИВА

### 1. Подпорные стены и габионы

- Еще одним активным методом **геозащиты** являются подпорные стены — разнообразные инженерные сооружения, выполняющие задачу удержания оползневого массива.
- **Габионные конструкции** используются при незначительных объемах оползневого тела. Они экономически выгодны при возможности доставки камня с ближайших карьеров. Сооружения сохраняют свои свойства при больших деформациях до разрыва сетки.

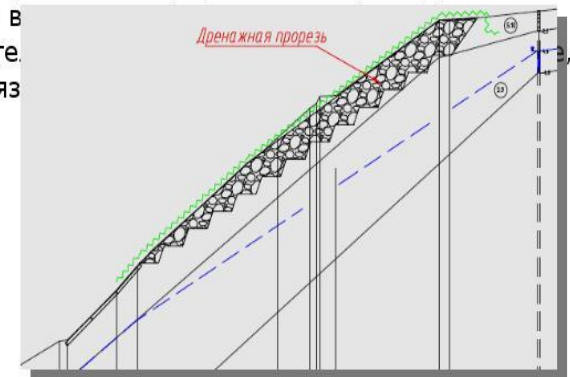


Габионное сооружение

### 2. Уположение и/или рассечение оползневого массива на блоки

- Перераспределение грунтовых масс на оползневом массиве с целью **уположения** и повышения устойчивости является весьма действенным методом, но требует значительных затрат, и не всегда возможно из-за наличия построек и других наземных объектов.
- Оптимальным средством стабилизации оползневого массива в таких случаях является устройство восходящих дренажных прорезей или дренирующих контрфорсов в оползневое тело. Чем выше связь

Схема  
рассекающих  
прорезей -  
разрез



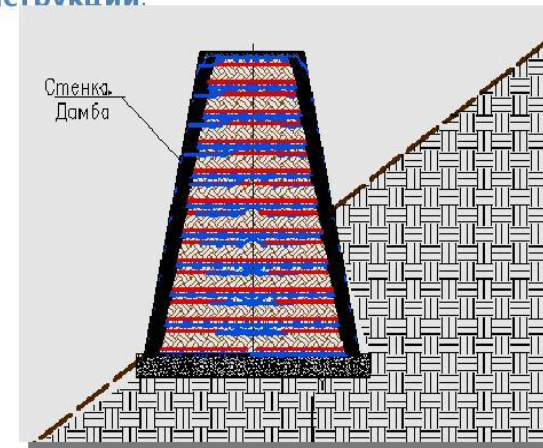
# В практике в качестве основных противооползневых мероприятий применяются:

1. организация стока поверхностных вод в зоне оползней и прилегающих к ней территорий;
2. дренирование подземных вод путем сооружения различных дренажных систем;
3. уменьшение внешних нагрузок;
4. уполаживание откосов и пригрузка их с помощью контрбанкетов;
5. ограждение откосов и защита их от подмыва и размыва проточными водами рек или волнами морей, водохранилищ;
6. зеленые насаждения по верху откоса и оползневом откосе;
7. искусственное закрепление масс оползневого тела;
8. искусственные сооружения для удержания грунтовых масс.

Такие мероприятия осуществляются:

1. с помощью вертикальной планировки и производства земляных работ;
2. путем устройства дренажных сетей;
3. применением агролесомелиоративных мер;
4. с применением подпорных стен, свай.

- На слабых основаниях предпочтительнее применять гибкие системы типа **габионов** или **армогрунтовых** и **комбинированных конструкций**.



Пример армогрунтовой стенки

### 3. Искусственное изменение (модификация) свойств грунта

- Для стабилизации массива нередко используются пропитки грунта полимерными (акрил и т.п.), силикатными (жидкое стекло), битумными и другими составами.
- Грунтовые откосы могут закрепляться **геосинтетиками**. Эти современные материалы изменяют сдвиговые характеристики грунта, формирующего откос, за счет внедрения в грунт специальных тканей (грешеток и сеток). Стабилизирующий эффект дает послойное армирование грунта в откосе. При применении нетканых **геотканей** типа **Дорнит** происходит также эффективный вывод влаги из массива на поверхность за счет капиллярного эффекта (**фитиль**).

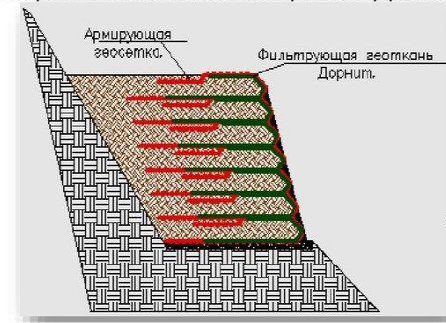


Схема укрепления / стабилизации откоса геосинтетиками

**Разновидностью оползней являются снежные лавины.** Они представляют собой смесь кристаллов снега и воздуха. Крупные лавины возникают на склонах  $26-60^\circ$ . Они способны наносить большой ущерб, с гибелью людей.

**Лавины** - обрушения больших масс снега с крутых склонов гор, где они постоянно накапливаются из-за перегрузки в результате длительного снегопада, резкого изменения температуры (оттепели), разрыхления снега в нижней части склона, порыва ветра, звуковых колебаний, землетрясений.

### **Меры борьбы**

- террасирование склонов;
- устройство подпорных стен, дамб;
- периодическое обрушение снежных масс;
- организация мониторинга.





**Обвал** — отрыв и падение масс горных пород вниз со склонов гор под действием силы тяжести, с опрокидыванием и дроблением.

**Обвалы** возникают на склонах речных берегов и долин, в горах, на берегах морей.

*Причины возникновения обвалов:*

- большая крутизна склонов (более 50-80°)
- высокая трещиноватость пород
- изменение пород под влиянием процессов выветривания
- сейсмические явления.



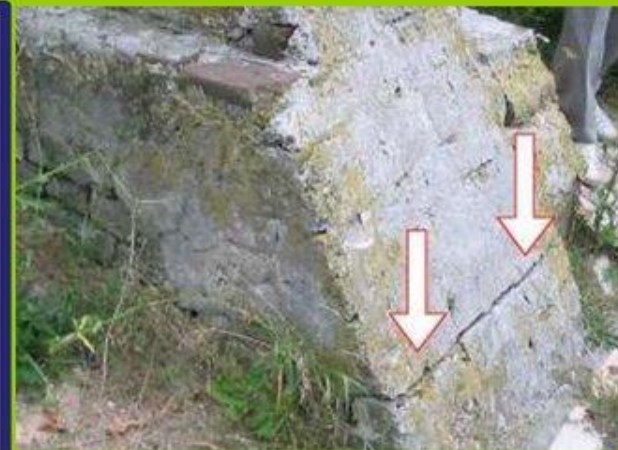
# Меры борьбы с обвалами

## **Профилактические:**

1. Выравнивание склонов
2. Обрушение склонов
3. Уборка опасных глыб
4. Дренаж склонов

## **Конструктивные:**

1. Защитные стенки
2. Дамбы
3. Контрфорсы
4. Защитные галереи
5. Укрепление склонов



**Контрфорс** (от фр.*contre force* — «противодействующая сила») — вертикальная конструкция, представляющая собой выступающую часть стены, вертикальное ребро, либо отдельно стоящую опору, предназначенную для усиления стены. Внешняя поверхность контрфорса может быть вертикальной, ступенчатой или непрерывно наклонной, увеличивающейся в сечении к основанию.

**Осыпи** – смещение вниз со склонов горных пород, измененных до состояния щебенки

*Причины возникновения осыпей:*

- состав и прочность горных пород;
- интенсивность процессов выветривания;
- крутизна склонов.

## Меры борьбы с осыпями

### **Профилактические:**

1. Планировка склонов
2. Расчистка склонов
3. Организация дренажа и др.

### **Конструктивные:**

1. Закрепление склонов
2. Защитные и подпорные стенки и т.п.



Галерея для защиты дороги от осыпи, начало 1900-х (Ананьев, Потапов, 2000)