

КГКП «Геологоразведочный колледж» УО ВКО А

# ***Опорный конспект***

***по предмету***

## ***«Основы гидрогеологии и инженерной геологии»***

*для специальности (ей)*

**«0704000 – Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых»**

**«0701000 – Геологическая съемка, поиск и разведка**

**месторождений полезных ископаемых»**

**«0702000 – Технология и техника разведки**

**месторождения полезных ископаемых»**

## **Введение:**

*Гидрогеология* – это наука о подземных водах, их ресурсах, запасах, составе, закономерностях распространения, хозяйственном значении и влиянии на человека.

*Разделы гидрогеологии:*

1. общая гидрогеология – занимается изучением типов водоносных горизонтов, и их особенностей, а также химическим и физическим составом питьевой воды.
2. Динамика подземных вод – изучает законы движения воды в различных условиях.
3. Методика гидрогеологических исследований – занимается методиками изучения гидрогеологических условий, установлением месторождений подземных вод, определением их запасов и качества.

*Задачи гидрогеологии:*

1. Изучение различных типов водоносных горизонтов, с целью выделения перспективных.
2. Разработка методов поиска и разведки месторождений питьевой воды в различных условиях.
3. Разработка способов оценки пригодности подземных вод.

*Инженерная геология* – это отрасль геологии, изучающая горные породы, как основание для строительства сооружений, составляет прогнозы устойчивости сооружений и взаимосвязь с окружающей средой.

*Критерии устойчивости:*

1. Осадка фундамента
2. Просадка грунта (только в лессовых группах)
3. Несущая способность грунта

*Разделы инженерной геологии:*

1. Грунтоведение – занимается изучением физико-механических свойств грунтов и способами их искусственного улучшения.
2. Инженерная геодинамика – занимается взаимными деятельности человека, экзогенных и эндогенных процессов и разработкой мер борьбы с этими процессами.
3. Методика инженерно-геологических исследований.

## **Раздел I Основы гидрогеологии**

### **ТЕМА № 1: Круговорот воды в природе. Происхождение подземных вод.**

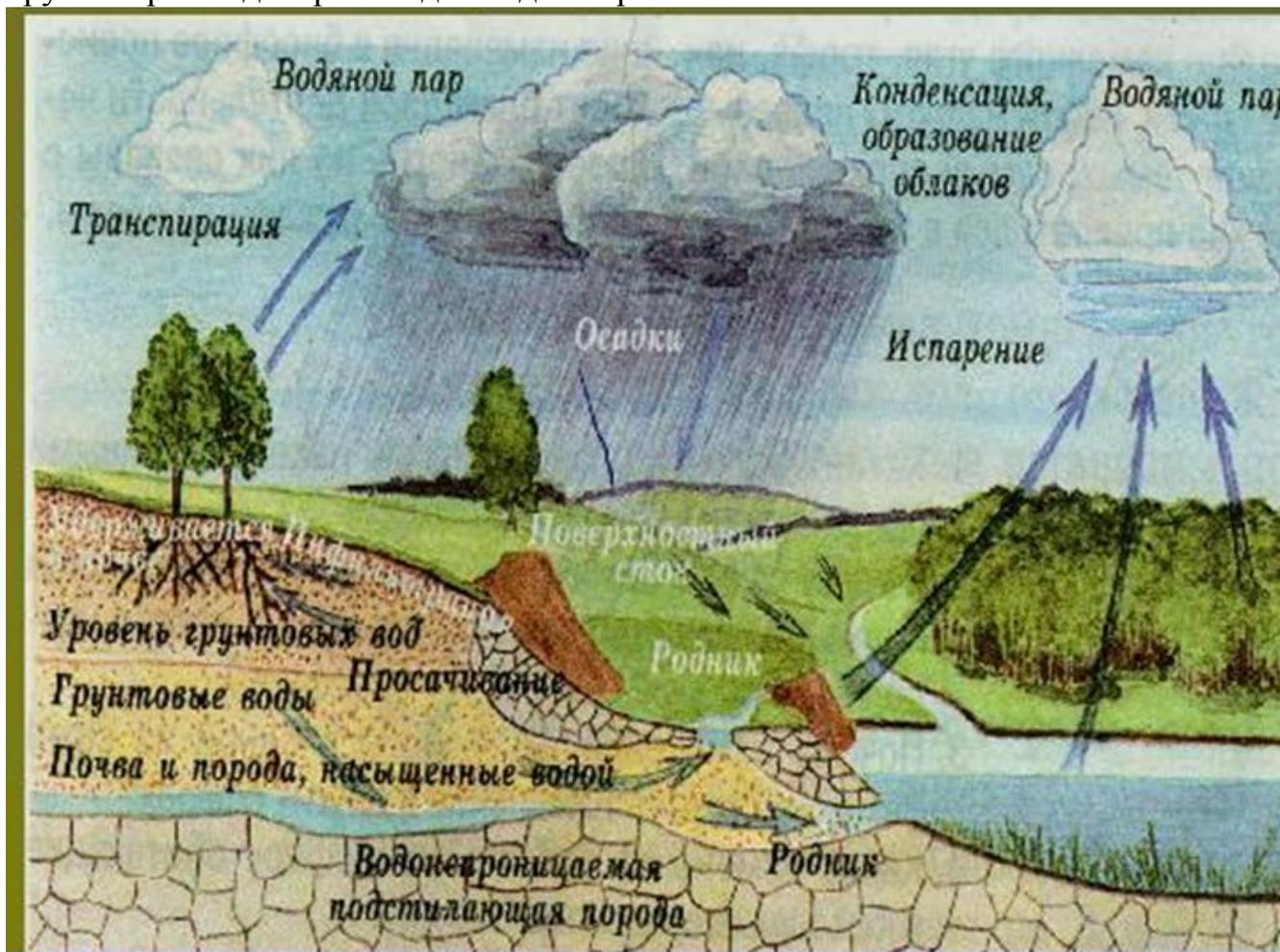
Общие сведения о гидросфере Земли.

#### **1. Круговорот воды в природе.**

Различают:

- а) большой кругооборот воды
- б) малый кругооборот воды
- в) внутренний кругооборот воды

Большой кругооборот воды происходит между океаном и сушей. Малый кругооборот воды происходит над океанами и морями. Внутренний кругооборот воды происходит над материками.



## 2. Атмосферные осадки.

Делятся на 2 типа:

- образующийся непосредственно на поверхности горных пород (гололед, роса, иней)
- выпадающие на поверхность из облаков

*Транспирация* – это процесс испарения влаги растениями.

## 3. Поверхностный и подземный сток.

Под *поверхностным стоком* понимают перемещение воды в процессе ее круговорота по поверхности земли.

Под *подземным стоком* – процесс перемещения воды, в толще земной коры.

Пример. Чтобы определить расход воды в сутки  $Q$  (л/сек, м<sup>3</sup>/сут), в том или ином сечении, необходимо знать среднюю  $V$  движения H<sub>2</sub>O в реке  $v$  (м/сек), и площадь сечения водного потока  $F$  (м<sup>2</sup>)

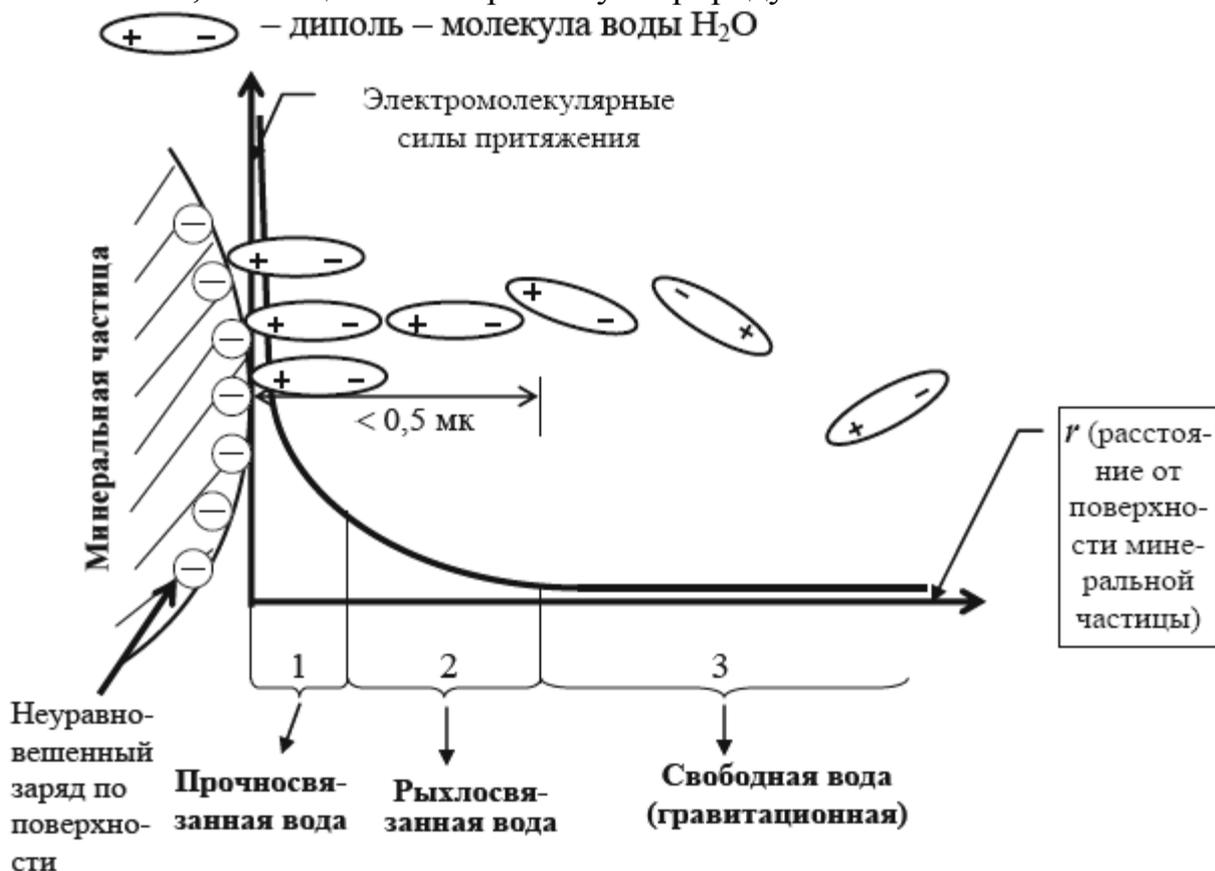
$$Q = v \cdot F$$

#### 4. Виды воды в горных породах

а. *связанная вода* – содержится в горных породах в различных видах и формах, и удерживается внутри минералов и на их поверхности, силами, значительно превышающими силу тяжести.

а. а) *химически связанная вода* – принимает участие в строении кристаллических решетки минералов, временно исключается из кругооборота.

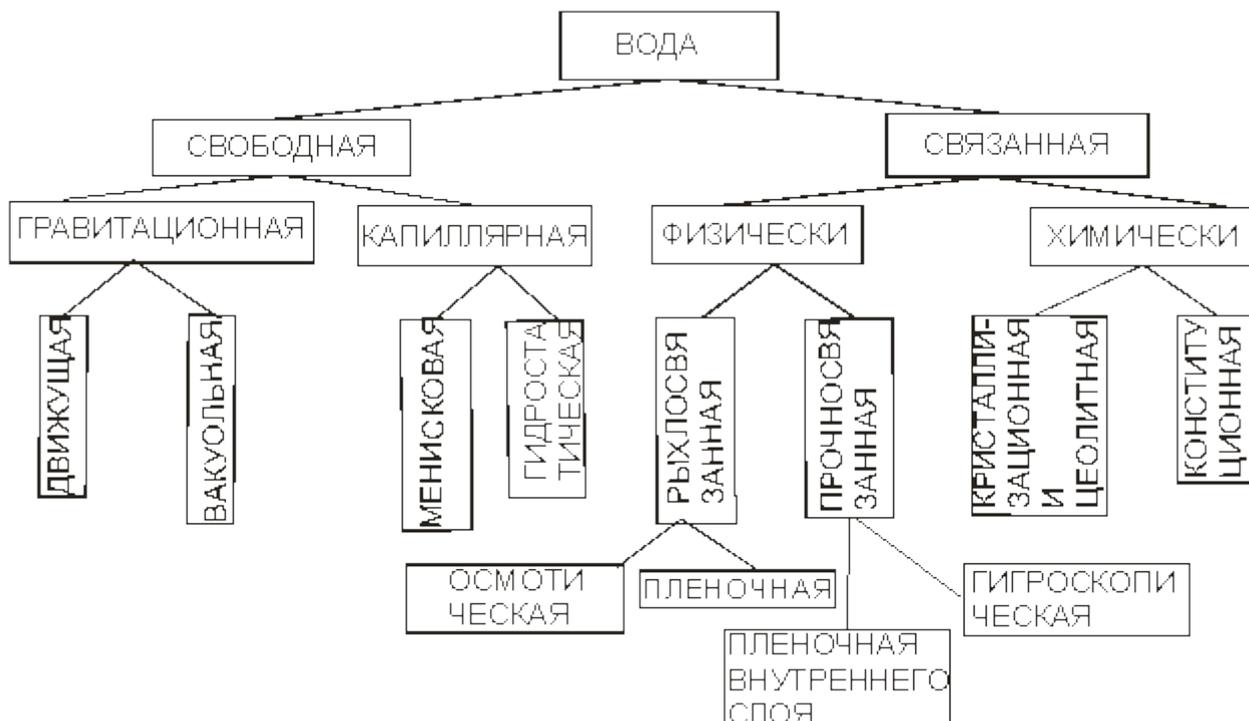
б. б) *физически связанная вода* – находится на поверхности минералов, содержится в тонкодисперсных глинистых породах и удерживается силами, имеющими электрическую природу.



б) *капиллярная вода* – заполняет капиллярные поры, стыки и трещины и удерживается силами поверхностного натяжения (II – чем уже, тем лучше держит).

в) *свободная (гравитационная)* – это капиллярно-жидкая вода, заполняющая поры и трещины в горных породах. Движение ее происходит под действием силы тяжести.

г) *вода в твердом состоянии* – в виде кристаллов, прослоек, линз льда.



### 5. Происхождение подземных вод

- а. *инфильтрационные* – образуются в результате просачивания с поверхности земли осадков и поверхностных вод в пустоты горных пород.
- б. *конденсационные* – образуются при конденсации водяного пара, перемещающегося под влиянием сил упругости, из атмосферы в горные породы.
- в. *седиментационные (ископаемые)* - увлечены в земные недра, при осадкообразовании в виде остаточных р-ров, либо отжаты при уплотнении горных пород.
- г. *воды магматического и метаморфического происхождения* – образуются при извержении и застывании магмы, а также выделяются при метаморфизации минералов и горных пород.

### Контрольные вопросы:

1. Гидрогеология и ее разделы.
2. Инженерная геология и ее разделы.
3. Виды круговоротов воды.
4. Атмосферные осадки, испарение, транспирация.
5. Виды воды в горных породах.
6. Происхождение подземных вод.

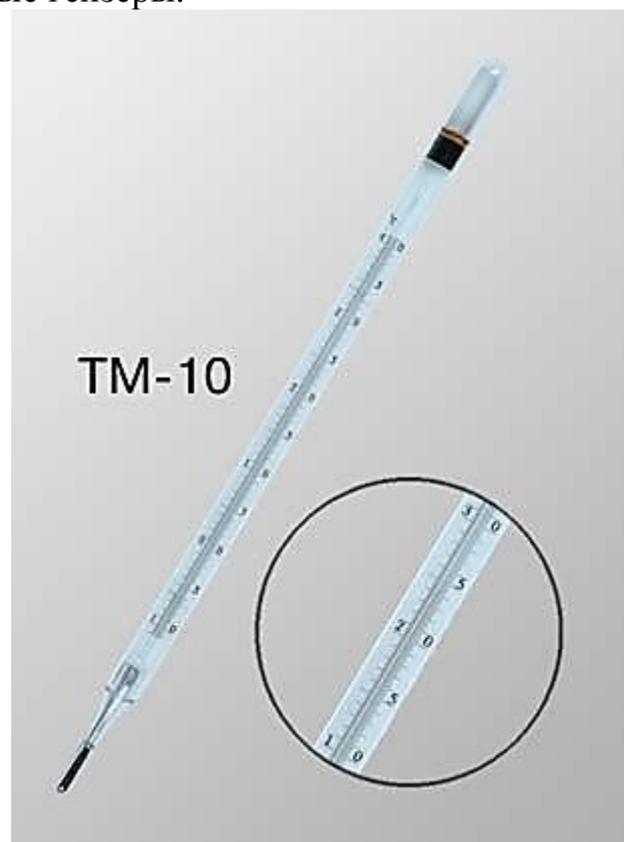
## ТЕМА № 2: Физические свойства и химический, газовый и бактериальный составы подземных вод

### 1. Физические свойства подземных вод.

1. *Температура* подземных вод колеблется в широких пределах и зависит от глубины залегания, геологического строения, климата и т.д. Питьевая вода имеет  $t^0 = 5-15^{\circ}\text{C}$ . Классификация:

- а) переохлажденные воды ( $t^0$  ниже  $0^{\circ}\text{C}$ )
- б) холодные (ниже  $+20^{\circ}\text{C}$ )

- в) термальные (+20+100<sup>0</sup>С)  
г) перегретые (от 100 до 375<sup>0</sup>С) – паровые гейзеры.



2. *Цвет подземных вод* – цвет зависит от содержания химических и органических веществ. Органические примеси придают воде бурю либо желтоватую окраску.  $H_2S$  и закислые соединения Fe – зеленовато-голубой цвет. Цвет оценивается по патиново-кобальтовой Pt-Co шкале в градусах.



3. *Прозрачность* – это способность воды, пропускать через себя цветные лучи. Зависит от содержания механических примесей и органических веществ. Выделяют: прозрачные, слегка мутные воды, мутные, очень мутные.



4. *Вкус* – воде придают растворенные в ней минеральные вещества, газы и примеси.
5. *Запах* – в подземных водах отсутствует. Однако при активной деятельности некоторых бактерий, вода может иметь H<sub>2</sub>S-ный, болотный затхлый, и другие запахи.
6. *Плотность воды* – зависит от минерализации. С увеличением  $\rho$  увелич. минерализации (сумма солей).

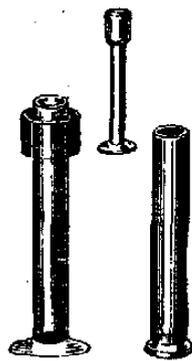


Рис. 490. Цилиндры для определения плотности при помощи ареометров.

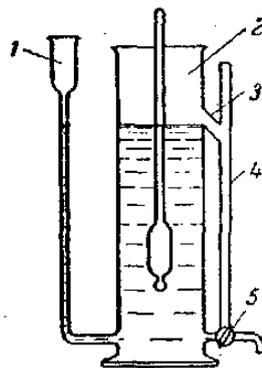


Рис. 491. Прибор для определения плотности: 1 – уравнивающая трубка; 2 – цилиндр; 3 – отводная трубка; 4 – трубка; 5 – кран.

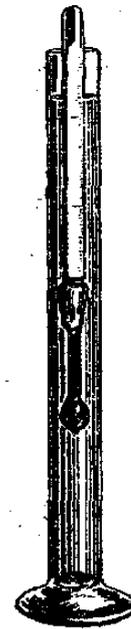


Рис. 492. Правильное положение ареометра при измерении плотности.

7. *Сжимаемость* – незначительна, и характеризуется коэффициентом сжимаемости который равен  $\beta = [2,7 - 5] \cdot 10^{-5}$  Па.

8. *Вязкость* – характеризует внутреннее сопротивление частиц жидкости ее движению. Количественно выражается коэффициентами динамической и кинетической вязкости.

9. *Электропроводность* – зависит от количества растворенных в ней солей.

Пресные воды обладают низкой электропроводностью, дистиллированная вода – изолятор.

## ***II. Химический состав подземных вод (из 87-70 растворяет).***

### ***1. Неорганические минеральные вещества.***

Свойства подземных вод определяются количеством и соотношением, содержащихся в них в растворенном виде солей, присутствующих в виде ионов-катионов и анионов. Наиболее широко распространены Cl, HCO<sub>3</sub>, CO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Na, H, Ca, Mg. Их называют главными, они определяют тип воды.

### ***2. Органические вещества и микрофлора.***

Органические примеси в подземных водах могут встречаться на небольших глубинах залегания. Их количество оценивается по окисляемости. В питьевой H<sub>2</sub>O окисляемость не должна превышать 10 мг/л HМnO<sub>4</sub>.

## ***Основные показатели химических свойств воды.***

1. *Жесткость воды* – обусловлена присутствием в воде, солей Ca и Mg.

Различают:

*общую жесткость* – все соли Ca и Mg;

*карбонатную* – наличие в воде бикарбонатов Ca и Mg;

*постоянная* – остающаяся в воде после удаления бикарбонатов.

Классификация по ОЖ:

1) очень мягкая вода ( $Ж < 1,5$  миллимоль/л)

2) мягкая ( $Ж = 1,5-3$  ммоль/л)

3) умеренно жесткая ( $Ж = 3-6$  ммоль/л)

4) жесткая ( $Ж = 6-9$  ммоль/л)

5) очень жесткая ( $Ж > 9$  ммоль/л).

2. *Щелочность* – определяется наличием в воде гидрата, бикарбоната, карбоната Na и других солей слабых кислот.

3. *Окислительно-восстановительный потенциал Eh* – характеризует интенсивность окисляющего и восстановительного действия элемента с переменной валентностью.

4. *Водородный показатель pH* – это ( $\lg H^+ = - \lg$ )  $pH = - \lg [H^+]$  – десятичный  $\lg$  концентрации H, взятый с обратным знаком.

Классификация:

а) очень кислая H<sub>2</sub>O ( $pH < 5$ )

б) кислая ( $pH = 5-7$ )

в) нейтральная ( $pH = 7$ )

г) щелочная ( $pH = 7-9$ )

д) высокощелочная ( $pH > 9$ )

5. *Минерализация* – это сумма всех минеральных веществ, содержащихся в воде.

Классификация:

а) ультрапресная  $M < 0,2$  г/л

б) пресная  $M = 0,2-1$  (питьевая) г/л

- в) солоноватая  $M = 1-3$  г/л
- г) сильносоленоватая  $M = 3-10$  г/л
- д) соленая  $M = 10-15$  г/л
- е) слабые рассолы  $M = 50-100$  г/л
- ж) крепкие рассолы  $M > 100$  г/л

б. *Агрессивные свойства подземных вод* – оцениваются по отношению к бетону и железобетонным конструкциям.

а) *сульфатная  $SO_4$  агрессивность* – вода агрессивная при наличии в воде  $SO_4 > 250$  г/л, и одновременном содержанием  $C / > 1000$  мг/л

б) *углекислая* – устанавливается по содержанию свободного диоксида  $C$ , агрессивна, если его  $< 30$  мг/л

в) *агрессивность выщелачивания* – зависит от бикарбонатной щелочности, если ее  $< 1,5$  мг-экв/л, происходит выливание из бетона

г) *общекислотная агрессивность* – обусловлена низким значением рН. При рН  $< 7$  и устранимой  $Ж < 8,6$  мг-экв/л, вода агрессивна.

д) *магnezиальная* – определяется наличием  $Mg$ , агрессивна, если  $Mg > 1000$  мг/л

е) *кислородная* - определяется наличием в воде  $O_2$ , и проявляется по соотношению к металлическим предметам.

7. *Бактериальные свойства* – обусловлены наличием микроорганизмов в подземных водах, среди которых особое значение имеют бактерии – возбудители опасных болезней (брюшной тиф, холера). Присутствие бактерий в водах определяется специальным бактериологическим анализом. О бактериологическом загрязнении воды судят по колититру- объем воды в  $см^3$ , в котором содержится 1 кишечная палочка и по количеству – числу кишечных палочек в 1 литре  $H_2O$ .

8. *Газовый состав* – обусловлен наличием в воде в растворенном состоянии и в виде свободных (спонтанных) газов. При уменьшении плотности растворенные газы могут переходить в свободные.

В подземных водах присутствуют газы:

- 1) атмосферного генезиса
- 2) биогенного генезиса
- 3) радиогенного генезиса

Наиболее распространенные в подземных водах –  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$ , тяжелые углеводороды и инертные газы.

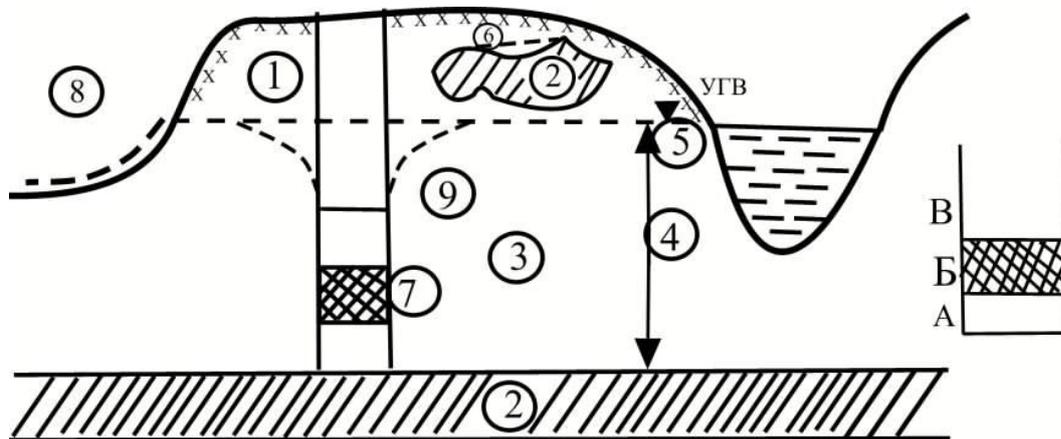
### **Контрольные вопросы:**

1. Что относится к физическим свойствам.
2. химический состав подземных вод.
3. Основные показатели химических свойств воды.
4. Оценка качества воды.
5. Бактериальные свойства подземных вод.
6. Газовый состав подземных вод.

### ТЕМА № 3: Грунтовые воды и воды зоны аэрации.

Верхняя часть земной коры, в зависимости от степени насыщения водой, делится на 2 зоны:

- а) верхнюю зону аэрации – она расположена между поверхностью грунтовых вод и уровнем земли, содержит в порах воздух, через нее наблюдается просачивания атмосферных осадков;
- б) нижнюю зону насыщения – где циркулируют подземные воды



- 1 – зона аэрации
- 2 – водоупор
- 3 – водоносный горизонт
- 4 – мощность водного горизонта
- 5 – уровень грунтовых вод
- 6 – верховодка
- 7 – г/г скважина
- 8 – родник
- 9 – депрессионная воронка

*Водоносный горизонт* – это толща горных пород, насыщенных водой, залегающих на водоупоре.

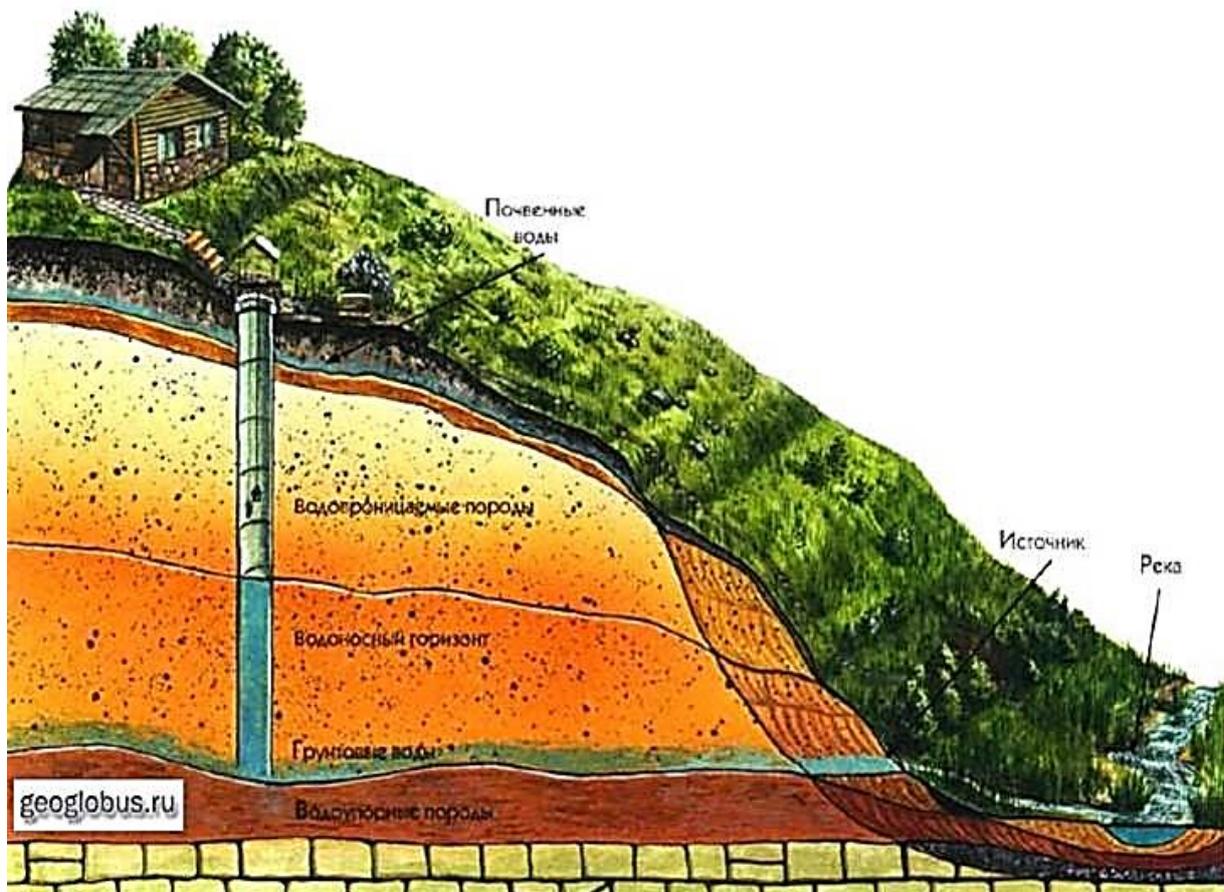
*Верховодкой* называют временное скопление подземных вод в зоне аэрации.

*Водоупором для верховодки* служат линзы глин и суглинков она имеет сезонный характер, плохое качество воды, практического значения в водоснабжении не имеет.

*Грунтовые воды* – к ним относятся воды 1-го от поверхности, постоянно действующего водоносного горизонта, залегающего на относительно выдержанном водоупоре и имеющего свободную поверхность (не перекрыта водоупором).

## Особенности грунтовых вод.

1. Это воды со свободной поверхностью, давление на них с поверхности равно атмосферному, поэтому при вскрытии скважины уровень воды остается на той же отметке, где был встречен первоначально.
2. Питание осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и поверхностных вод. Область питания совпадает с областью распространения.
3. Неглубокое залегание грунтовых вод приводит к естественному вскрытию их балками, оврагами и речными долинами в виде ключей.
4. Близкое залегание к поверхности и отсутствие водонепроницаемых экранов, вызывает загрязнение подземных вод органикой и промышленными отходами.
5. Близкое залегание к поверхности, вызывает резкие колебания элементов режима ( $t^0$ , уровень, химический состав).



На картах, поверхность грунтовых вод, отображается в виде *гидроизогипс* – это линии, соединяющие одинаковые отметки уровня грунтовых вод. Они обладают следующими свойствами:

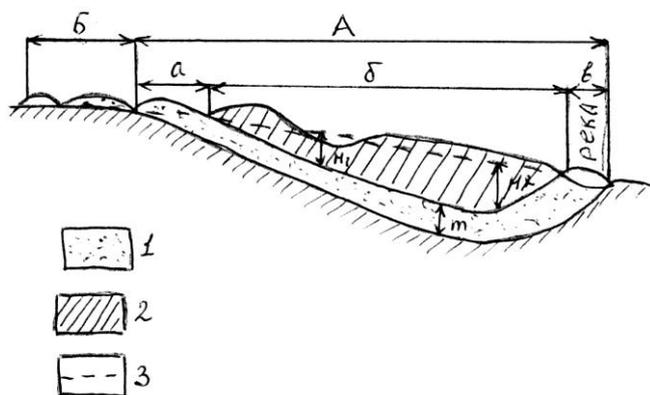
- 1) не пересекаются
- 2) не прерываются
- 3) не соприкасаются

### Контрольные вопросы:

1. Дайте определения зоны аэрации и насыщения, водоносного горизонта и комплекса, верховодки, грунтовых вод.

2. Схема грунтовых вод.
3. Особенности грунтовых вод.
4. Отображение на картах грунтовых вод.

#### ТЕМА № 4: Артезианские воды



- 1 - водоносный пласт
- 2 - водоупорные породы
- 3 - уровень воды

- а – область питания и создания напора
- б – область напора
- в – область разгрузки
- $h_1-h_2$  – пьезометрический напор в I и II сечениях

$m$  – мощность артезианского горизонта

*Артезианскими водами* называются межпластовые подземные воды, ограниченные сверху и снизу водоупорными породами, при вскрытии которых скважиной, уровень устанавливается выше кровли водоносного пласта.

Уровень артезианских вод называется *пьезометрическим*.



#### **Особенности артезианских вод.**

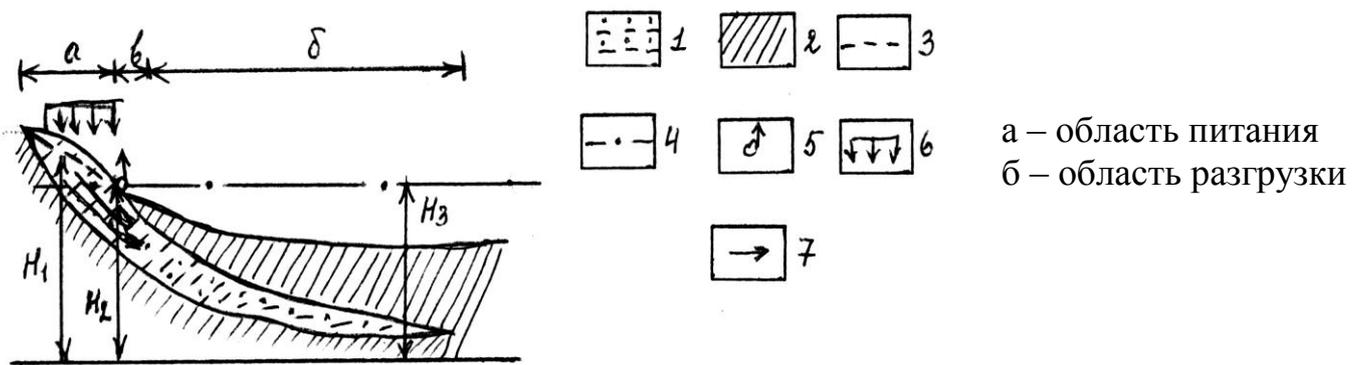
1. Межпластовое залегание горизонтов и комплексов артезианских вод, каждый из которых сверху и снизу ограничен водоупорами.
2. Область распространения артезианских вод не совпадает с областями напора и питания и бывает удалена от последней.
3. При вскрытии артезианских вод скважиной, появившийся уровень всегда выше установившегося.
4. Режим артезианских вод отмечается большим постоянством по сравнению с другими типами вод.

5. Артезианские воды отличаются большей защищенностью от загрязнения и лучшим качеством воды.

Среди природных емкостей артезианских вод основными являются: артезианские бассейны и артезианские склоны.

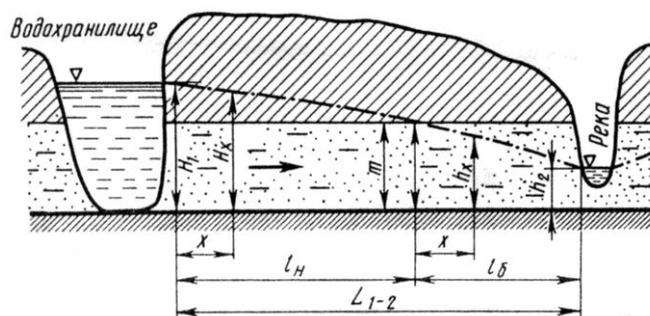
*Артезианский бассейн* – это совокупность напорных горизонтов и комплексов, залегающих в синклиналих структурах, где движение подземных вод происходит под гидростатическим напором.

*Артезианские склоны* – это своеобразные бассейны напорных вод, встречающиеся в краевых частях предгорных прогибов, межгорных впадин и на склонах морских акваторий, где имеется моноклиналиное залегание и выслеживание водовмещающих отложений.



На картах артезианские воды отображаются с помощью пьезоизогипс, либо гидроизопьез – это линии, соединяющие одинаковой абсолютной отметки напоров.

### *Межпластовые безнапорные воды.*



Обычно эти воды приурочены к слоистым осадочным толщам, слагающим приподнятые междуречные массивы. Уровень этих вод располагается ниже кровли первого водоупора, т.е. водопроницаемый слой, не имеет полного заполнения.

По условиям передвижения и характеру напоров, эти воды аналогичны грунтовым. Однако область питания не совпадает с областью распространения.

### ***Источники.***

*Источником (родником, ключом)* называют естественный выход подземных вод на поверхность.  $t^0$  в родниках колеблется от  $0^0$ - $100^0$ С и выше. Минерализация – от простых до рассолов.

*По характеру выхода на поверхность различают:*

1) *нисходящие источники*  $\circ\downarrow$  - питаются верховодкой и грунтовыми водами, приурочены к осадочным породам. Выходят в долинах рек, балках, оврагах.

2) *восходящие источники*  $\circ\uparrow$  - образуются при выходе на поверхность напорных вод. Являются очагами разрушения артезианских, трещинно-жильных, межмерзлотных и подмерзлотных вод.

### **Контрольные вопросы:**

1. Схема и определение артезианских вод.
2. Особенности артезианских вод.
3. Определение артезианского склона и бассейна.
4. Межпластовые безнапорные воды.
5. Источники
6. Отображение артезианских вод на картах.

### **ТЕМА № 5: Подземные воды в трещиноватых и закарстованных породах.**

*Трещинные воды* – это подземные воды, залегающие и циркулирующие в трещиноватых магматических, метаморфических и плотных осадочных горных породах. Они могут быть *напорные* и *безнапорные*.

Трещины бывают:

1. литогенетические – в процессе формирования пород
2. тектонические – в результате движения земной коры
3. экзогенные – в процессе выветривания.

Для образования водоносного горизонта в трещиноватых горных породах, необходимы следующие условия:

- 1) наличие трещин, достаточно широких, чтобы пропускать воду ( $> 1$  мм)
- 2) трещины должны образовывать взаимосвязанную систему, имеющую общую направленность от области питания до области разгрузки
- 3) трещины должны быть заполнены крупнозернистым материалом, пропускающим воду.

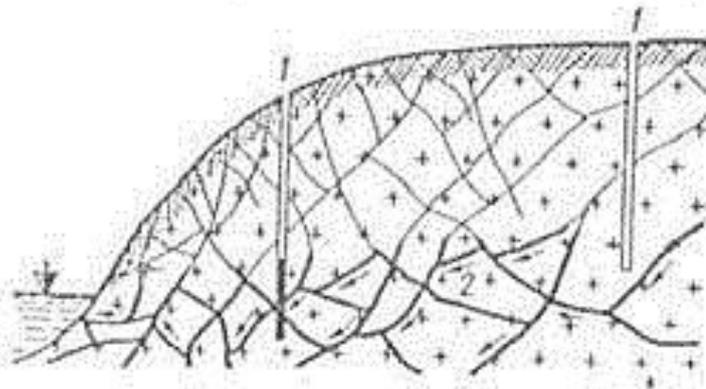
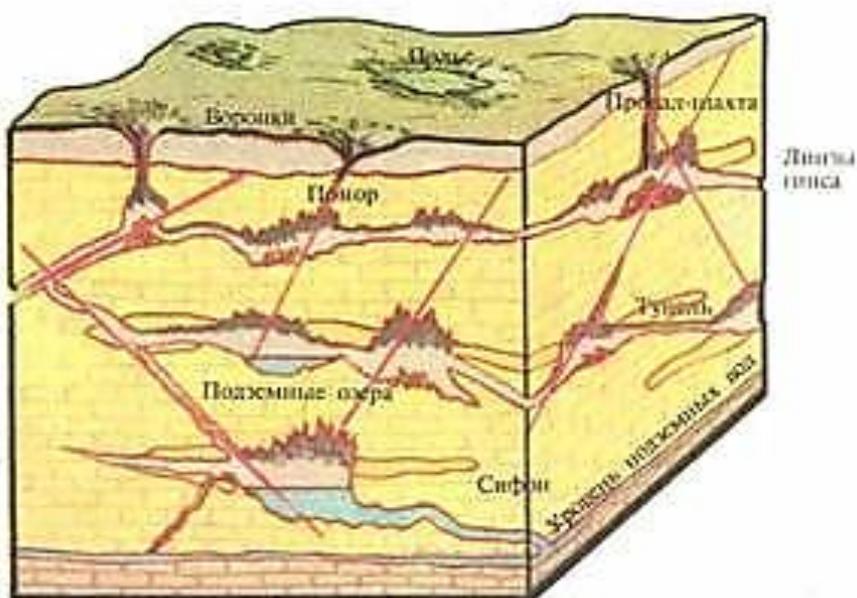


Рис. 11.10. Залегание трещинно-грунтовых вод:  
1 — скважина; 2 — трещина с водой

**Особенности водоносного горизонта трещиноватых пород.**

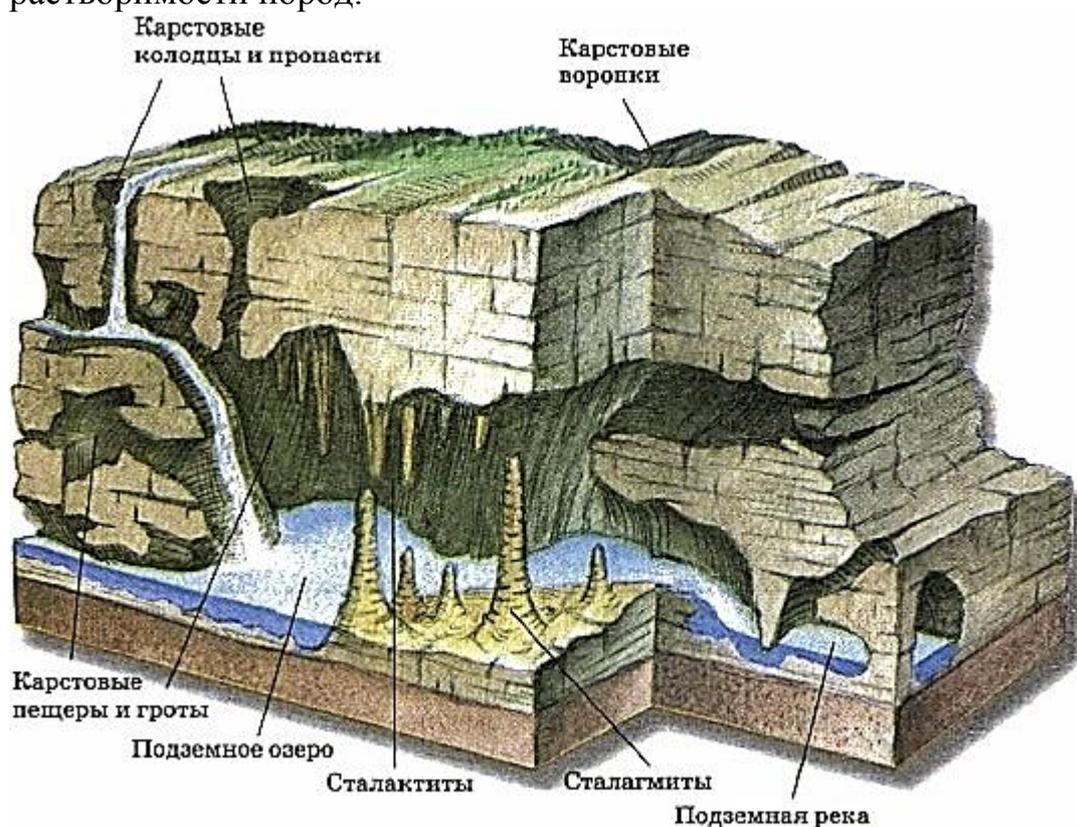
- 1) относительно малая водообобщность горных пород
- 2) питание в основном осуществляется за счет атмосферных осадков и поверхностных вод
- 3) наблюдается неоднородность в обводнении пород, в связи с неровным распространением трещиноватости, что затрудняет поисково-разведочные работы
- 4) данные воды, если они грунтовые, еще более чувствительны к загрязнению с поверхности и колебаниям элементов режима
- 5) напорные воды в крупных тектонических трещинах называются жильными и являются наиболее благоприятными для водоснабжения.

2. **Карстовые воды** – это подземные воды, залегающие и циркулирующие в трещинах, пустотах, пещерах, образующиеся в результате растворения и выщелачивания известняков, доломитов, гипсов, ангидритов, солей и др. карстующихся пород.



### *Особенности карстовых вод.*

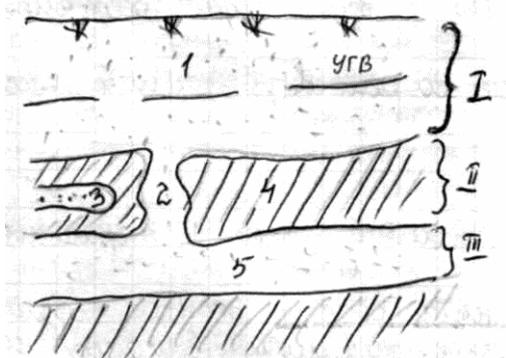
1. Тесная и активная связь с атмосферными осадками и поверхностными водами.
2. Значительные колебания элементов режима подземных вод в течение года (минерализация, температура, химический состав, Н).
3. Легкая возможность загрязнения, в том числе и поверхностными загрязнителями.
4. Зависимость минерализации подземных вод от скорости круговорота воды: очень часто встречаются горько-соленые воды и рассолы, в связи с большей растворимости пород.



### **Контрольные вопросы:**

1. Виды трещин по происхождению.
2. Какие условия необходимы для образования трещиноватого водоносного горизонта.
3. Особенности водоносного горизонта трещинных пород.
4. Карстовые воды и их особенности.

## ТЕМА № 6: Подземные воды в областях развития многолетней мерзлоты.



I – деятельный слой, замерзающий зимой и оттаивающий летом, мощностью от нескольких см до 5 м

II – слой вечномерзлых пород

III – слой талых горных пород, в которых циркулируют подземные воды

1 – деятельный слой

2 – талик – это участок незамерзших пород, соединяющий деятельный слой с подмерзлотными водами

3 – межмерзлотный водоносный горизонт

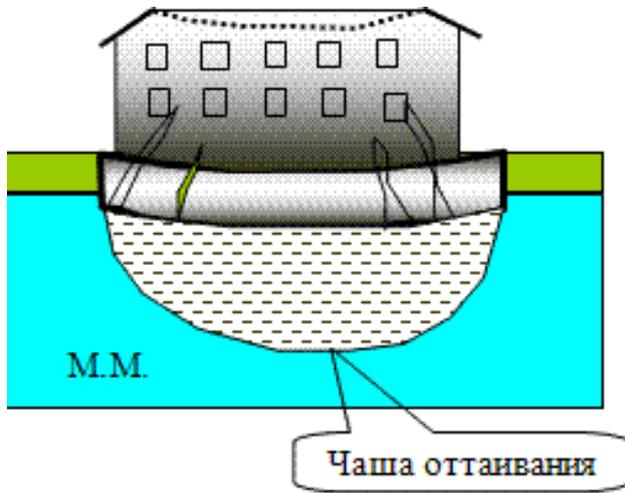
4 – вечномерзлые породы, ЗВМ

5 – подмерзлотные воды

*Многолетнемерзлыми* (вечно мерзлыми) – называются горные породы, содержащие в порах, пустотах и трещинах лед и имеющие отрицательную или нулевую температуру в течение многих лет и веков.

*Особенности:*

1. существование воды во всех трех фазах;
2. взаимосвязь всех фаз между собой и с вмещающими талыми и мерзлыми породами;
3. превращение хорошо проницаемых в талом состоянии пород при цементации льдом в водоупоры;
4. по характеру вмещающих воду горных пород, зона мерзлоты делится:
  - а) надмерзлотные
  - б) межмерзлотные
  - в) внутримерзлотные
  - г) подмерзлотные
  - д) воды сквозных таликовых зон



Протаивание происходит из-за отдачи тепла сооружением, в следствие чего образуются талики, которые (чаша оттаивания). Данный процесс опасен для устойчивости сооружения и грозит ему разрушением.

### ***Криогенные явления.***

*Криогенные явления* – это явления, происходящие в верхней части земной коры под действием низких температур. К ним относятся:

1. *Наледи* – образуются при замерзании воды и изливие ее на поверхность.



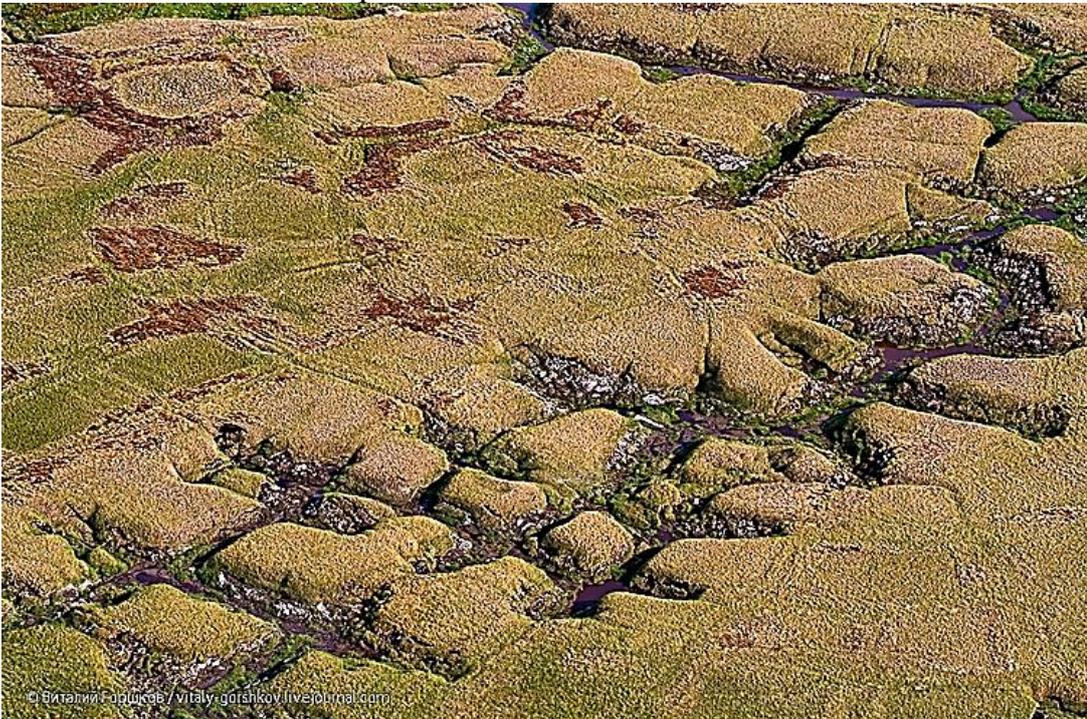
2. *Гидролакколиты* – это многолетние наледи высотой до 30 м, d = 80 м.



3. *Бугры пучения* – возникают при замерзании рыхлых обводненных пород.



4. *Термокарст* – является результатом неравномерного проседания или провала почвы и подстилающих ее при таянии подземного льда.



5. *Соллифлюкция* – движение со склонов оттаявшей массы горных пород.



### **Контрольные вопросы:**

1. Типичный разрез зоны вечной мерзлоты.
2. Особенности зоны вечной мерзлоты.
3. Криогенные явления.

### **ТЕМА № 7: Минеральные, промышленные и термальные воды.**

*К природным минеральным водам* относятся подземные воды, оказывающие благотворное физиологическое влияние на организм человека. В силу повышенной минерализации сверхкларкового содержания специфических компонентов, высокой температуры или высокой радиоактивности. Все встречающиеся разновидности минеральных вод объединяются в 2 основные группы:

- 1) воды без специфических компонентов и свойств, лечебное значение которых определяется их ионным составом и минерализацией ( $M = 2$  г/л)
- 2) вода специфического состава, лечебные свойства которой определяются наличием в повышенных количествах различных биологически активных компонентов
- 3) промышленные воды

*Промышленными* принято называть природные воды с концентрацией элементов, обеспечивающие в конкретных гидрогеологических условиях, экономически целесообразную их добычу и переработку.

*К термальным подземным водам* относятся все воды, формирующиеся в верхней оболочке земной коры, температура которых превышает  $+35^{\circ}\text{C}$ .

Термальные воды используют для теплоснабжения промышленных, сельскохозяйственных и гражданских объектов, для выработки теплоэнергии, в медицине и промышленности.

### ***Водные ресурсы, их использование и охрана.***

Неочищенные производственные ливневые и бытовые стоки – это многокомпонентные системы, содержащие мусор, химические загрязнители, патогенные организмы.

1. *Механические методы* очистки предназначены для отделения в начале крупных загрязнений с помощью решеток и сит, а затем тяжелых взвесей с помощью песколовков. В заключении воду пропускают через отстойники, где оседает тонкодисперсная часть.
2. *Биологические методы* основаны на способности микроорганизмов использовать растворенные и коллоид.загрязнители в качестве источника питания.
3. *Химические методы* применяются для удаления растворимых примесей с помощью различных реагентов, вступающих в химическую реакцию с вредными примесями, в результате чего образуются малотоксичные вещества.
4. *Физико-химические методы.*
  - а) флотация – это адсорбирование легких, грубодисперсных частиц мелкими пузырьками воздуха и поднятие их на поверхность, где образуется слой пены
  - б) ионообменная сорбция – это процесс обмена между ионами, находящимися в сточной воде и присутствующими на поверхности твердой фазы
  - в) дезодорация – удаление вещества органического происхождения, обладающего токсичным действием либо запахом.

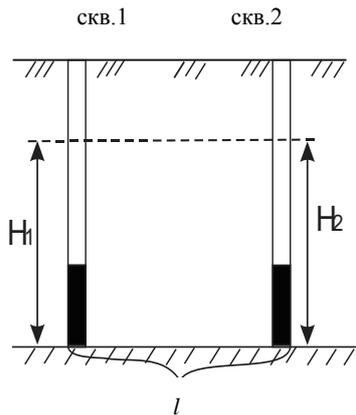
#### **Контрольные вопросы:**

1. Минеральные воды.
2. Промышленные воды.
3. Термальные воды.

### **ТЕМА № 8: Основы динамики подземных вод.**

Под динамикой подземных вод понимается раздел гидрогеологии, который изучает закономерности и количественные характеристики движения воды в горных породах.

Это движение возможно по трещинам, пустотам или порам под действием силы тяжести или избыточного движения. Такое движение называется фильтрацией. Важнейшей причиной движения воды является напор или гидравлический градиент.



Очевидно, что движение возможно  $H_1 \neq H_2$ , тогда основная причина движения, напор

$$J = \frac{H_1 - H_2}{l} \equiv \frac{\Delta H}{l} - \text{гидравлический градиент.}$$

где  $H$  – абсолютная отметка уровня

Также, очевидно, чем больше гидравлический уклон, тем больше скорость движения подземных вод, т.е. справедлива формула Дарси

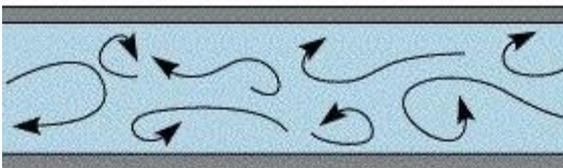
$$v = K_{\phi} \cdot J \quad (1)$$

где  $K_{\phi}$  – коэффициент пропорциональности, характеризует горные породы и называется коэффициентом фильтрации.  $K_{\phi} = \frac{v}{J}$  м/сут.

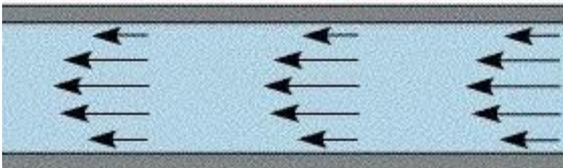
Коэффициентом фильтрации - называется скорость движения при напорном градиенте, равном единице, выражается обычно в м/сутки или см/сек.

Существует два типа фильтрации:

### Турбулентное течение



### Ламинарное течение



1. Ламинарный – когда напоры небольшие, скорость течения небольшая и струи воды плавно огибают частицы грунта ( $J < 5$ ). В этом случае воспринимается закон Дарси. Фильтрация называется линейной.

2. Для больших величин напоров, скорость возрастает, струи воды огибая частицы грунта создают завихрения и соответственно дополнительно гидравлическое сопротивление  $J > 5$ . Фильтрация в этом случае называется не линейной. И для нее воспринимается закон Дарси:

$$v = K_{\phi} \cdot \sqrt{J}$$

В этих случаях большинство формул не действует. Такое движение наблюдается в карстовых водах, и такие местности считаются сложными для изучения.

На практике в большинстве случаев наблюдается линейный закон фильтрации. И основу всех расчетов составляет закон Дарси.

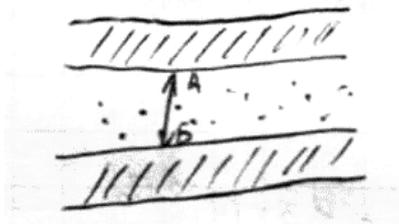
$$v = \frac{Q}{F} \quad (2)$$

где  $Q$  – величина расхода воды или количество воды прошедшее через какое-либо сечение в единицу времени, м<sup>3</sup>/сут или л/сек.

$F$  – Площадь живого сечения потока, м<sup>2</sup>.

Приравниваем к правой части формулы (1) и (2)

$\frac{Q}{F} = K_{\phi} \cdot J$  получим  $Q = K_{\phi} \cdot J \cdot F$  - это формула Дарси для подземного



потока.

Когда ток подземных вод идет под углом к площади  $F$ , то справедлива формула  $Q = K_{\phi} \cdot J \cdot F \cdot \cos \alpha$

где  $\alpha$  – это угол между направлением потока и перпендикуляром, восстановленным к данной площади

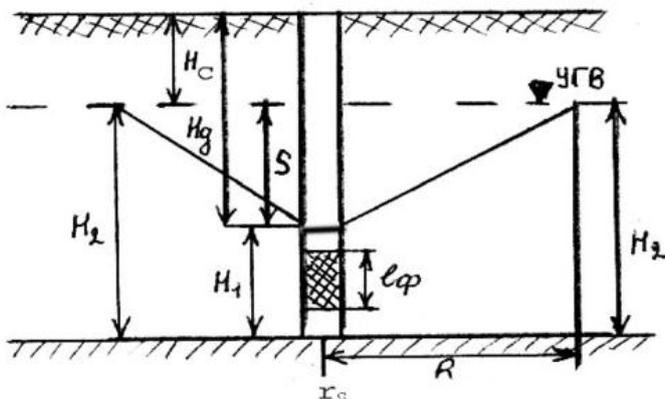


### ***Движение подземных вод к водозаборным сооружениям.***

Водозаборными сооружениями следует считать горные, буровые или другие выработки, освоенные для подъема воды на поверхность.

Наиболее широко применяются водозаборы, которые бывают горизонтальные вертикальные и комбинированные.

Среди всех сооружений, наиболее часто применяются вертикальные водозаборы в виде буровых скважин.



1. Водоподъемные трубы-
  2. фильтр
  3. -водоподъемное оборудование
  4. - статистический уровень
  5. - депрессионная воронка (поверх.)
- $H_c$ - статический уровень;  $H_d$ динамический уровень;  $S$  - понижение уровня;  $R$  - радиус воронки

$$S = H_d - H_c \text{ -статический уровень}$$

Фильтр предназначен для предотвращения скважин от обрушения и очистки воды от механических примесей. Состоит: фильтровая часть предназначена для соединения фильтра с водоподъемной колонной установки фильтра.

Существуют два типа установки фильтра:

- 1) тип называется потайным - применяется в случаях, когда в длительный период эксплуатации требуется поднятие фильтра на поверхность для очистки и ремонта;
- 2) тип на колонне труб - фильтр на резьбе опускается вместе с водоподъемной колонной.

### ***Понятие о режиме и балансе подземных вод.***

Режим и баланс подземных вод - показатели проявления одного и того же процесса. Режим отображает определенный порядок изменения во времени количества и качества подземных вод, баланс - количественное выражение процесса накопления и расходования водных масс.

*Под режимом подземных вод* понимают изменение их уровня, напора, расхода, химического и газового состава. Режим подземных вод отображает процесс формирования подземных вод во времени в определенном пространстве под влиянием - естественных и искусственных режимобразующих факторов. Выделяют суточный, сезонный, годовой и многолетний режимы.

*К естественным режимобразующим факторам относятся:* изменение количества выпадающих атмосферных осадков, особенностей питания водоносных горизонтов за счет подземных и поверхностных вод, особенностей разгрузки или дренирования и т.д.

*Искусственные режимобразующие факторы* - это строительство мелиоративных систем, плотин, каналов, водозаборов подземных под сооружение систем водопонижения при строительстве к эксплуатации объектов или отдельных сооружений, поставка сырья для деревообрабатывающей промышленности и др.

*Водным балансом* называется количественное соотношение между элементами, определяющими плиток водных масс и их отток, применительно к конкретной площади за единицу времени.

В зависимости от стадии проектирования выделяют региональный, зональный и локальный балансы. При составлении регионального баланса характеризуется гидрогеологический регион или бассейн. Зональный баланс составляется для какой-либо зоны, локальный - для конкретной площади или участка.

Методы составления водного баланса, применяемые в настоящее время, делятся на две основные группы;

- 1) экспериментальные, при которых каждая составляющая часть определяется непосредственно измерением;
- 2) гидродинамические, когда анализируются колебания уровня грунтовых вод с помощью аналитических уравнений и методов моделирования на цифровых машинах.

Основные элементы водного баланса следующие:

П - приток грунтовых вод в зону;

О - отток грунтовых вод через сечение из одной зоны в другую.

$\pm g$  – вертикальный водообмен между почвенными и грунтовыми водами.

$\pm P$  – вертикальный водообмен между грунтовыми и напорными водами.

$\Delta W$  - изменение запасов.

$$\Delta W = \Pi - O \pm g \pm P$$

*Основные гидрогеологические параметры водоносного горизонта.*

Для изучения гидрогеологии необходимы количественные характеристики водоносных горизонтов. Основным из них является коэффициент фильтрации  $K_{\phi}$  – м/сут.

Данные характеристики называются параметрами водоносного горизонта.

$K_{\phi}$  может быть определен следующим образом:

$$1. K_{\phi} = \frac{0,732 Q l g \left( \frac{R_{np} + 0,217 \xi}{r_c} \right)}{(2H_c - S_c) S_c} \quad \text{для безнапорного водоносного горизонта.}$$

$$K_{\phi} = \frac{0,366 Q l g \left( \frac{R_{np} + 0,217 \xi}{r_c} \right)}{m \cdot S_c} \quad \text{для напорного водоносного горизонта.}$$

Где  $Q$  – расход, м<sup>3</sup>/сут

$H$  – мощность в/г – безнапорного

$m$  – мощность в/г – напорного

$r_c$  - радиус скважины

$R_{np}$  – приведенный радиус влияния депрессионной воронки

$S$  – понижение

$\xi$  - поправка Веригина на дипольное гидравлическое сопротивление, возникающее при установки фильтра в скважины. Определяется по таблице.

Если скважина без фильтра  $\xi=0$ .

2. Коэффициент водоотдачи  $\mu$  - показывает, какую часть объема горных пород, сообщает вода отделенная породой под действием силы тяжести

$$\mu = 0,117 \sqrt{K_{\phi}} - \text{изменяется в пределах } 0,095-0,18.$$

Коэффициент упругой водоотдачи  $\mu^*$ , показывает какую часть объема породы, составляет вода, получившаяся при снижении пластового давления на единицу.

$$\mu^* = \alpha \cdot \beta_w + \beta_s$$

$$\beta_w = 4,5 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$$

$$\beta_s = [0,25 : 2] \cdot 10^{-5} \text{ Па}$$

$\alpha$  – пористость

3. Коэффициент уровнепроводности,  $a_y$  – характеризует в общем случае скорость изменения уровня подземных вод в безнапорном потоке при неустановившейся фильтрации и рассчитывается по формуле:  $a_y = \frac{K_{\phi} \cdot h}{\mu}$

Коэффициент пьезопроводности  $a$  – характеризует скорость распространения давления в напорном потоке:

$$a^* = \frac{K_{\phi} \cdot m}{\mu^*}$$

4. Коэффициент водопроницаемости – это способность водоносного горизонта пропускать через себя воду

$$T = K_{\phi} \cdot m$$

5. Приведенный радиус влияния – это радиус влияния водозабора – радиус депрессионной поверхности на конец срока эксплуатации водозабора, которая применяется 30 лет или 10 000 сут.

Радиус влияния определяется  $R = 1,5\sqrt{at}$ ;  $R = 1,5\sqrt{a_y t}$ , соответственно напорный и безнапорный горизонт, где  $t$  – это время продолжения откачки.

Для характеристики потоков выделяют следующие понятия:

- 1) ширина потока –  $B$
- 2) средняя мощность –  $H$
- 3) область питания и разгрузки
- 4) краевые условия

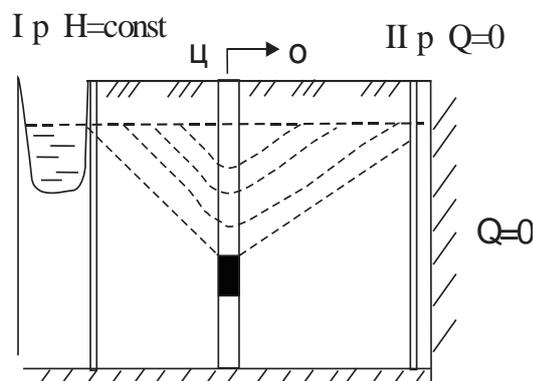
По условиям питания и разгрузки различают:

- 1) с сосредоточенным питанием и разгрузкой
- 2) с рассеянным режимом питания и разгрузки

Краевые условия – это характер гидрогеологических условий, на границе водоносного горизонта (граничные условия). В разрезе различают:

- а) воды со свободной поверхностью (граничат с зоной аэрации)
- б) напорные воды (граничат с водоупором).

В плане выделяют 4 типа границ:



Граница I рода с условием  $H = \text{const}$  – это граница с водоемами. Депрессионная воронка, дойдя до этой границы, дальше не развивается, т.к. река является неисчерпаемым источником пополнения запасов (благоприятна для водоснабжения).

Граница II рода с условием  $Q = 0$ , когда воронка депрессии достигает непроницаемых пород, скорость ее снижения резко возрастает.

### ***Понятие о ресурсах и запасах подземных вод.***

Под запасами понимают тот объем гравитационной воды, который находится в водоносном горизонте в данное время.

Ресурсы – это количество воды, которое поступает в водоносный горизонт за счет различных источников питания.

В связи с этим различают:

*Естественные запасы.*  $Q_3$  – это объем гравитационной воды, находящейся в водоносном пласте в естественных условиях.  $Q = \alpha \cdot \mu \cdot V$

Где  $V$  – объем обводненных горных пород

$\mu$  – коэффициент водоотдачи

$\alpha$  – коэффициент извлеченных запасов  $\alpha = 0,5$

*Естественные ресурсы* – это количество воды, которое поступает в водоносный горизонт в естественных условиях за счет различных источников питания.

*Искусственные запасы* – это  $V$  подземных вод накапливающихся в горных породах под влиянием инженерной деятельности человека (орошение)

*Искусственные ресурсы* – характеризуются расходом воды, поступающим в водоносный горизонт благодаря техногенным процессам.

*Привлекаемые ресурсы* – это расход подземных вод, который формируется в эксплуатируемом водоносном горизонте непосредственно в процессе эксплуатации благодаря возникновению или усилению поступления воды из поверхностных водотоков или смежных водоносных горизонтов (откачка из водоносных горизонтов).

*Эксплуатационные запасы* – это количество воды, которое может быть получено в рациональном технико-экономическом отношении водоразборным сооружением при заданном режиме эксплуатации с заданным качеством и в количестве, удовлетворяющем потребителя в течение всего расчетного фона амортизации (30 лет).

Зависимость между разными видами запасов и ресурсов, выраженная уравнением Биндемана:  $Q_3 = \alpha_1 Q_3 + \alpha_2 Q_P + \alpha_3 Q_{И} + \alpha_4 Q_{Пр} \dots$

Где  $\alpha$  – коэффициент извлеченных данных запасов.

### **Контрольные вопросы:**

1. Виды движения воды.
2. Линейный и нелинейный закон фильтрации Дарси.
3. Основные понятия и определения динамики подземных вод.
4. Граничные условия.

## **ТЕМА № 9: Условия обводненности месторождений полезных ископаемых**

### ***Понятие о шахтных водах и задачи рудничной гидрогеологии.***

При разработке месторождений полезных ископаемых подземные воды, приуроченные к вмещающим полезное ископаемое породам, поступают в горные выработки.

*Шахтные или рудничные воды* – подземные воды, поступающие в горные выработки из горных пород и осложняющие вскрытие и эксплуатацию полезного ископаемого.

Раздел гидрогеологии изучающий рудничные или шахтные воды, получил название рудничной или шахтной гидрогеологии.

Задачами шахтной гидрогеологии является изучение гидрогеологических условий разведываемых и разрабатываемых месторождений; гидрогеологическое обоснование строительства карьеров, проходки стволов шахт и прочих горных выработок и др., разработка наиболее рациональных способов борьбы с шахтными водами.

Борьба с водой на шахтах и рудниках предохраняет их от затопления, прорывов пливунов и т.п., создает благоприятные условия для труда.

#### ***Условия обводненности месторождений.***

Обводненность месторождений полезных ископаемых обуславливается рядом естественных и искусственных факторов: *К основным природным факторам* обводнения относятся: атмосферные осадки, рельеф местности, просачивание воды из поверхностных водотоков и водоемов, обнаженность коренных пород и состав покровных отложений, литологический состав вмещающих пород, тектоника района, глубина горных выработок, формы погребенного рельефа.

*К искусственно созданным факторам* можно отнести: влияние старых затопленных выработок, влияние не затампонированных разведочных скважин, принятую систему ведения горных работ.

*Атмосферные осадки.* Количество воды, поступающей в горные выработки при небольшой глубине залегания полезного ископаемого, находится в прямой зависимости от количества выпадающих атмосферных осадков.

*Рельеф местности.* Колебание притоков воды в горные выработки и степень водообильности зависят от высотного положения шахтного поля и изрезанности его овражно-балочной системой.

Наиболее обводненными являются горные выработки, расположенные под речными долинами.

*Просачивание воды из поверхностных водотоков и водоемов.* Источником обводненности горных выработок нередко являются открытые водотоки и водоемы, расположенные вблизи или непосредственно на месторождении. В этом случае происходит фильтрация воды из открытых водотоков непосредственно или через аллювиальные отложения.

*Обнаженность коренных пород и состав покровных отложений.* Если на месторождении отсутствуют мощные водоносные горизонты, то величина притока в горные выработки зависят от степени обнаженности коренных водопроницающих пород и мощности, покровных суглинисто-глинистых отложений, изолирующих продуктивную толщу от поверхности воды.

Обводненность месторождения прямо пропорциональна обнаженности пород при одинаковой трещиноватости их и прочих краевых условиях.

*Литологический состав вмещающих пород.* Литологический состав пород месторождения предопределяет его обводненность. Меньшей обводненностью характеризуются месторождения сложенные пластами осадочных сцементированных пород (песчаниками, сланцами, аргиллитами, алевролитами, прослоями известняка и угля).

Значительной обводненностью характеризуются месторождения, в геологическом разрезе которых преобладают закарстованные известняки и другие, легкорастворимые карстующиеся породы.

Наиболее тяжелые гидрогеологические условия наблюдаются на месторождениях, сложенных рыхлыми обломочными породами, где пласт полезного ископаемого залегает между рыхлыми водопроницаемыми породами.

*Тектоника района.* Зоны тектонических нарушений в сцементированных породах являются местами сосредоточенного, иногда катастрофического поступления воды в горные выработки.

*Глубина горных выработок.* В зависимости от геолого-гидрогеологических условий и интервала глубины приток воды и коэффициент водообильности с глубиной горных выработок могут и уменьшаться и увеличиваться.

Уменьшение водопротока (коэффициент водообильности) с глубиной объясняется уменьшением степени трещиноватости скальных пород с глубиной и заполнением трещин глинистыми материалами.

*Формы погребенного рельефа.* Водообильность ряда месторождений обусловлена погребенными формами рельефа. Древние размывы, выполненные в более позднее время хорошо фильтрующими отложениями, служат мощными коллекторами подземных вод. В подобных местах нередко осуществляется гидравлическая связь не только нескольких водоносных горизонтов, но также с поверхностными водотоками и водоемами.

*Влияние старых затопленных выработок.* Большие объемы подземных вод накапливаются в старых заброшенных выработках. Порыв этих вод в действующие горные выработки является одной из наиболее распространенных причин частичного или полного затопления рудников.

*Влияние не затампированных разведочных скважин.* При плохом тампонаже скважин в случае подработки последних горными выработками из них очень часто прорывается вода, в ряде случаев со значительным притоком.

*Принятая система ведения горных работ.* При работе с обрушением кровли сдвигание пород достигается дневной поверхностью и на ней появляются воронки, трещины и т.п. В этих случаях необходимо проводить планировочные работы, ограждающие поверхность шахтного поля от скопления атмосферных осадков и сбрасываемых шахтных вод.

### ***Гидрогеологическая классификация месторождений твердых полезных ископаемых.***

Общий приток воды в систему горных выработок обуславливается сочетанием природных (разобранных выше) и горнотехнических факторов. Существует ряд классификаций месторождений по условиям обводненности.

В.Д. Бабушкин и С.П. Прохоров по условиям залегания пород все месторождения разбивают на три класса. К первому классу относятся месторождения с горизонтальным залеганием пород, ко второму – с наклоном, в основном с моноклинальным залеганием, к третьему – с мульдообразованием.

### ***Определение притоков воды в горные выработки.***

Прогнозирование притоков воды в горные выработки является одной из задач шахтной гидрогеологии.

*Определение притоков методом гидрогеологических аналогий.* Основан на сопоставлении гидрогеологических условий и переносе фактически наблюдаемых водопротоков в действующие шахты на проектируемые, находящиеся в аналогичных гидрогеологических условиях, используя эмпирические зависимости, выведенные для данного горно-гидрогеологического района или месторождения.

*Определение притока по водному балансу.* При разработке месторождений в горные выработки притекают статистические и динамические запасы подземных вод. Приблизительно динамические притоки можно определить умножением коэффициента или модуля подземного стока и водосборной площади, откуда ожидается пополнение подземные вод, поступающих в горные выработки.

### ***Использование рудничных вод.***

Рудничные и шахтные воды обычно используются после умягчения для хозяйственно-технических целей, в отдельных случаях возможно использование их и для питьевого водоснабжения.

На некоторых месторождениях рудничные воды содержат растворенные соли и тяжелые металлы в таких количествах, что их экономически выгодно извлекать из рудничных вод.

Знание химического состава рудничных вод имеет важное значение как поисковый признак на наличие других полезных ископаемых, генетически связанных с разрабатываемыми, но содержащих в незначительных количествах.

По результатам изучения химического состава рудничных вод составляются прогнозные гидрогеологические карты различного масштаба.

### **Контрольные вопросы:**

1. Факторы влияющие на обводненность месторождений;
2. Методы определения притока воды горные выработки;
3. Использование рудничных вод.

## **Раздел II Основы инженерной геологии**

### **ТЕМА № 10: Горные породы как грунты и их физические свойства.**

Грунтами следует считать любые горные породы, залегающие в верхней части земной коры, которые изучаются как многокомпонентные динамические системы, с целью познания их в качестве объекта инженерной деятельности человека и используются в качестве основания материала или среды, для возведения сооружений.

Инженерная геология представлена 3 разделами:

1. грунтоведение

2. инженерная геодинамика
3. методика инженерно-геологических следований

### ***Грунтоведение***

(физико-механические свойства грунтов)

Физико-механические свойства грунта формируются в процессе его образования (генезис). По генезису различают следующие породы:

1. магматические (интрузивные, эффузивные)
2. метаморфические
3. осадочные

#### ***Литогенез осадочных горных пород.***

*Литогенез* – это процесс образования горных пород и все изменения, которые привели их в современный вид. Литогенез состоит из следующих этапов:

1. *Седиментогенез* – это осадконакопление, проходящее в 3 стадии:
  - а) выветривание;
  - б) транспортировка;
  - в) накопление осадков в водной среде.
2. *Диagenез* заключается в преобразовании осадка в горную породу (кристаллизация, цементация).
3. *Метаморфизм*.
4. *Выветривание*.

#### ***Структура осадочных горных пород:***

Под структурой горных пород понимается совокупность следующих признаков:

- а) размер, форма и характер поверхности частиц и агрегатов;
- б) взаимное расположение частиц и агрегатов;
- в) наличие и характер внутренних связей между частицами и агрегатами.

Исходя из размеров частиц материнских пород, выделяют по I структурному признаку, следующие элементарные частицы осадочных горных пород:

- глинистые:  $d < 0,001$  км
- пылеватые:  $d$  от 0,01-0,001 мм
- песчаные:  $d$  от 2-0,01 мм
- крупнообломочные:  $d > 2$  мм

#### ***Структура горных пород:***

1. пелитовая состоит из глинистых частиц
2. алевролитовая из пылеватых частиц
3. псаммитовая из песчаных частиц
4. псефитовая из крупнообломочных частиц.

#### ***По характеру поверхности выделяют структуры:***

1. конгломератовидная состоит из окатанных частиц (галька, валуны)
2. брекчевидная состоит из угловатых частиц (щебень).

По строительным свойствам все грунты делятся на 5 групп (классификация Саваренского):

1. твердые, скальные, полускальные – несжимаемые грунты выдерживают любые нагрузки;
2. твердые, достаточно прочные водопроницаемые (выветрелые породы I группы и твердые осадочные);
3. пластичные, водонепроницаемые, механические свойства которых зависят от влажности (являются самыми тяжелыми для строительства);
4. дисперсные (рыхлые), водопроницаемые, имеющие высокие механические свойства (пески, крупнообломочные грунты);
5. водонасыщенные (очень мягкие) – с большим количеством органических включений – непригодные для строительства (ил, торф).

### ***Показатели физико-механических свойств грунтов.***

Количественные характеристики физико-механических свойств грунтов называются показателями. Все показатели по своему назначению делятся на:

1. классификационные позволяют разделить грунты на одинаковые виды, т.е. типизировать;
2. расчетные показатели определяются для проведения различных расчетов, причем косвенные расчетные служат для количественной проверки, проведения типизации, а прямые расчетные для конечной цели инженерно-геологических исследований, обоснование надежности и устойчивости сооружения.

Все показатели можно условно разделить на группы:

- а) Показатели физических свойств;
- б) Показатели водно-физических свойств;
- в) Показатели водных свойств;
- г) Показатели механических свойств.

### **Гранулометрический состав**

*Гранулометрический состав* – это относительное содержание в грунте фракций различного размера, выраженное в процентах к массе абсолютно сухого грунта.

*Фракция* – это группа частиц определенного интервала размеров.

В природе осадочные грунты представлены следующими размерами фракций:

- 1) Крупно-обломочная фракция (валуны, галька, гравий) – от 200 до 2 мм
- 2) Песчаная – от 2-0,05 мм
- 3) Пылеватая – от 0,05-0,0005 мм
- 4) Глинистые частицы -  $\infty < 0,005$  мм

Песчаные фракции состоят, в основном, из обломков кварца, полевого шпата и других первичных минералов.

Пылеватые фракции также состоят из более мелких первичных минералов.

Глинистые фракции состоят из вторичных минералов глинистого происхождения.

Описанные фракции являются основными 1,2 – называются обломочными, 3, 4 – дисперсными.

Гранулометрический состав применяется для решения вопросов:

- а. Для оценки процессов суффозии грунтов, выбора отверстий фильтров водозаборных скважин;
- б. Ориентировочное определение коэффициента фильтрации;
- в. Оценка пригодности грунтов для строительных целей.

### Определения гранулометрического состава грунтов

Ситовой метод (обломочные грунты);

#### Разделение грунта на фракции без промывки водой (при анализе чистых песков)

4. Взвешенную пробу пропустить через набор сит 10—0,5 мм. Сита собрать в колонну так, чтобы отверстия их уменьшались сверху вниз (рис. 8). На верхнее сито надеть крышку 1, а под нижнее подставить поддон 2. Просеивание осуществлять с помощью легких боковых ударов ладонями рук до полной сортировки частиц грунта.

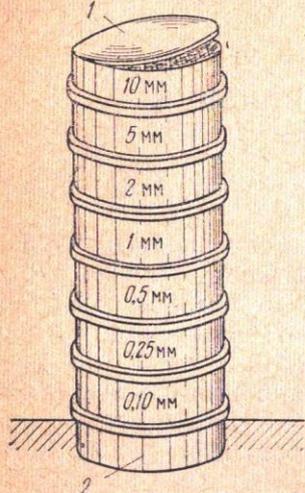


Рис. 8. Комплект сит для гранулометрического анализа

5. Содержимое каждого сита, начиная с крупного, перенести в ступку и дополнительно обработать резиновым пес­тиком, после чего вновь просеять сквозь то же сито над листом бумаги. Мелкие частицы, которые пройдут через сито, перенести на следующее сито и продолжать обработку до тех пор, пока от грунта не перестанут отделяться мелкие частицы.

6. Содержимое каждого сита и поддона высыпать в предварительно взвешенные фарфоровые чашечки или часовые стекла и взвесить. Результаты взвешивания выразить с точностью до 0,1 г и записать в рабочий журнал.

7. Для контроля сложить массы отдельных фракций и сравнить полученную сумму с первоначальной массой взятого для анализа образца. Расхождением до 0,5% можно пренебречь. Расхождение

Таблица 11

#### Журнал ситового анализа

Образец №  
 Масса пробы  
 Описание образца. Песок мелкозернистый, белый, кварцевый, с включениями отдельных гравийных зерен кварца

	Фракции грунта, мм							
	> 10	10—5	5—2	2—1	1—0,5	0,5—0,25	0,25—0,1	< 0,1
Масса тары (стекло или фарфоровая чашечка), г	30,1	30,5	31,0	30,5	31,4	30,0	81,7	31,0
Масса тары с грунтом, г	35,6	45,5	51,0	75,5	81,8	114,0	336,7	56,0
Масса фракции, г	5,5	15,0	20,0	45,0	50,4	84,0	255,0	25,0
Содержание фракции, %	1	3	4	9	10	17	51	5

### **Показатели физических свойств**

Физические свойства определяют состав и состояние грунта. К ним относятся: минеральный состав, гранулометрический состав, плотность (масса), влажность, пористость.

Вводятся следующие условные обозначения:

$M$  – масса грунта естественного сложения;

$V$  - объем грунта;

$m_T$  - масса твердых частиц;

$m_B$  - масса воды в грунте;

$$m_T + m_B = M$$

$V_T$  - объем твердых частиц;

$V_{II}$  - объем пор в грунтах;

$$V_T + V_{II} = V$$

$V_B$  - объем воды в грунтах.

$$V_{II} = V_B$$

### **Показатели плотности (массы) грунта**

К показателям плотности (массы) грунта относятся: плотность влажного грунта, плотность сухого грунта, плотность твердых частиц грунта.

Плотностью грунта называется отношение массы грунта к его объему.

**Плотность влажного грунта** – это отношение массы всего грунта, включая воду в порах к объему всего грунта, включая объем пор.

$$\rho_0 = \frac{m_T + m_B}{V_T + V_{II}} = \frac{M}{V} \quad (1)$$

Для большей части грунтов (исключая илы, торф и др.) значения плотности грунта колеблются в пределах 1,5-2,2 г/см<sup>3</sup>, плотность относится к расчетным показателям свойств грунтов. Наиболее распространенным способом определения плотности песчано-глинистых связанных грунтов являются методы режущего кольца и гидростатического взвешивания.

**Плотность сухого грунта** – это отношение массы твердых частиц грунта, исключая воду в порах к массе всего грунта, включая объем пор.

$$\rho_d = \frac{m_T}{V_T + V_{II}} = \frac{m_T}{V} = \frac{\rho_0}{1 + W_e} \quad (2)$$

Сравнивая формулы 1 и 2 можно сделать вывод о разнице значений по массе воды содержащейся в грунтах, т.е. вычислить влажность.

Плотность твердых частиц грунта - это отношение массы твёрдых частиц к объему твердых частиц грунта

$$\rho_s = \frac{m_T}{V_T} \quad (3)$$

Сравнивая формулы 2 и 3, можно получить информацию о величине пористости пород.

### **Показатели пористости**

Пористость – это объем пор в грунте. Пористость имеет 2 показателя – абсолютная пористость ( $n$ ) и коэффициент ( $e$ ) пористости.

Абсолютная пористость – это отношение объема пор в грунте к объему всего грунта.

$$n = \frac{V_{\Pi}}{V} = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s}$$

Коэффициент пористости – это отношение объема пор в грунте к объему твердых частиц.

$$e = \frac{V_{\Pi}}{V_T} = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}$$

### **Показатели влажности**

**Влажность** – это количество воды в порах дисперсных грунтов. Влажность имеет три показателя: естественная (абсолютная) влажность, степень влажности и полная влагоемкость.

**Естественная (абсолютная) влажность** – это отношение массы воды в грунте к массе сухого грунта. Вычисляется по формуле:

$$W_e = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0}$$

Где  $m_1$  – масса влажного грунта с бюксой,  $m_2$  – масса сухого грунта с бюксой,  $m_0$  – масса бюксы.

**Степень влажности** – это отношение естественной влажности к полной влагоемкости:

$$S_r = \frac{W_e}{W_{\Pi}} = \frac{W_e * \rho_s}{e}$$

где –  $W_e$  – естественная влажность,  $W_{\Pi}$  – полная влагоёмкость,  $\rho_s$  – плотность твердых частиц грунта,  $e$  – коэффициент пористости.

### **Контрольные вопросы:**

- Назовите основные свойства грунтов и виды показателей этих свойств по их назначению.
- Что такое гранулометрический состав грунта? Фракция? Назовите основные виды фракций и соответствующие им размеры частиц грунта.
- Что такое эффективный диаметр, средний диаметр, коэффициент неоднородности?

- Назовите и кратко охарактеризуйте физические свойства дисперсных грунтов.
- Что такое плотность грунта? Назовите показатели плотности грунта, их отличие друг от друга и назначение.
- Приведите физические и расчетные формулы показателей пористости.
- Каково косвенное влияние плотности и пористости на все другие свойства грунтов?

### **1.1.Свойств и состояние глинистых грунтов при взаимодействии их с водой**

При взаимодействии с водой проявляются водные свойства грунтов, которые, в свою очередь разделяются на водно-физические и собственно водные свойства.

К водно-физическим свойствам относятся свойства грунтов, которые изменяют физическое состояние при взаимодействии с водой, к ним относятся: Пластичность, консистенция, набухание, усадка, размокание, липкость.

К собственно водным относятся такие свойства, которые показывают способность грунтов поглощать, пропускать через себя и удерживать в себе воду. К ним относятся: водонасыщение, водопроницаемость и водоотдача.

#### **Водно-физические свойства и их показатели.**

**Пластичностью** – способность глинистого грунта под воздействием внешних усилий менять свою форму без разрыва сплошности, а после прекращения действия усилия сохранять полученную форму.

**Консистенцией** принято называть степень подвижности глинистых частиц, связанную с определенной для данного грунта влажностью.

Показателями пластичности являются верхний и нижний пределы пластичности и число пластичности.

**Верхний предел пластичности  $W_L$ (влажность на пределе текучести)** – это влажность при которой грунт переходит из пластичного состояния в текучее.

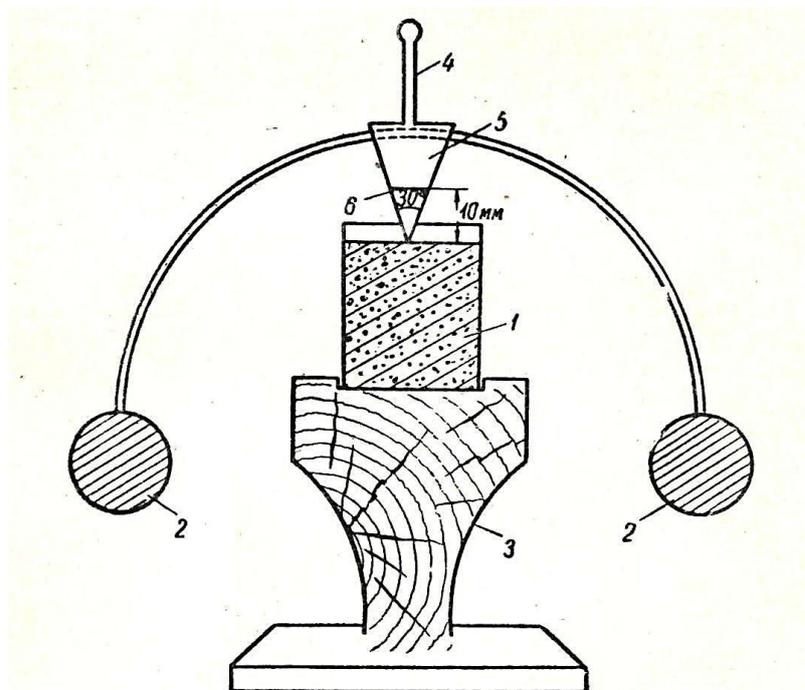


Рис. 29. Балансирный конус для определения предела текучести

1 — грунт в перемятом состоянии в стакане; 2 — балансирные шары; 3 — подставка; 4 — ручка; 5 — конус; 6 — круговая линия (метка)

**Нижний предел пластичности  $W_p$  (влажность на пределе раскатывания)** — это влажность при которой грунт переходит из пластичного состояния в твердое.

**Число пластичности  $I_p$  (разность двух пределов)** — это диапазон влажность, при которой грунт сохраняет свои пластические свойства.

Число пластичности является классификационным показателем. По нему глинистые грунты делятся на супеси, суглинки и глины.

супесь —  $I_p < 0.07$

суглинок —  $0.07 < I_p < 0.17$

глина —  $I_p > 0.17$

Показателем консистенции является **коэффициент консистенции  $I_L$**  — это отношение разности естественной влажности и нижнего предела пластичности и к числу пластичности:

$$I_L = \frac{W_e - W_p}{I_p}$$

По коэффициенту консистенции глинистые грунты делятся на твердые, пластичные и текучие:

Твердая -  $I_L < 0$

Пластичная -  $0 < I_L < 1$

Текучая -  $I_L > 1$

## Липкость

Под липкостью понимают способность связанного грунта при определенной влажности налипать на различные предметы, приходящие в соприкосновение с грунтом. Липкость измеряется силой, необходимой для отрыва постороннего тела от грунта.

Л и п к о с т ь ю называют способность грунтов прилипать к предметам, с которыми они приходят в соприкосновение. Липкость характерна для глинистых грунтов, находящихся в увлажненном состоянии. На степень липкости грунта, помимо влажности, влияют его гранулометрический и минеральный состав.

Увеличение липкости с возрастанием влажности происходит лишь до известного предела. По достижении полной влагоемкости липкость резко уменьшается и при дальнейшем увеличении влажности может совершенно исчезнуть.

Липкость используется при оценке пригодности грунтов для дорожного строительства и т. п.

Величина липкости измеряется усилием, необходимым для отрывания прилипшего предмета от грунта, и выражается в гс/см<sup>2</sup>. Определение липкости производят

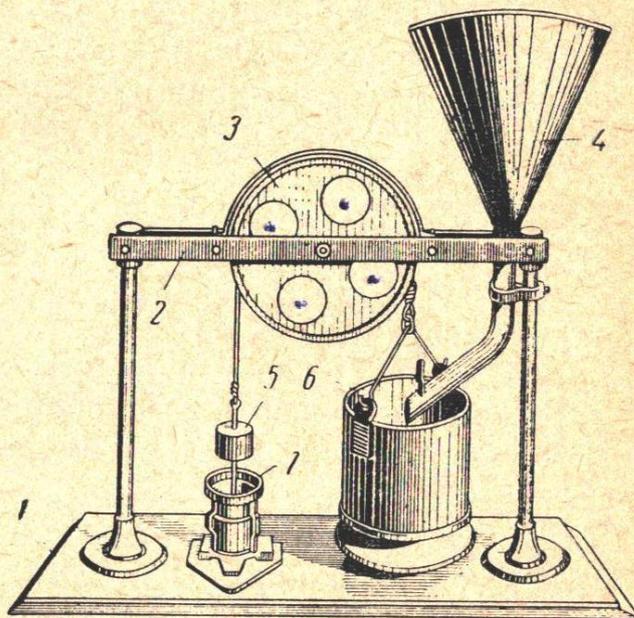


Рис. 25. Прибор Охотина для определения липкости

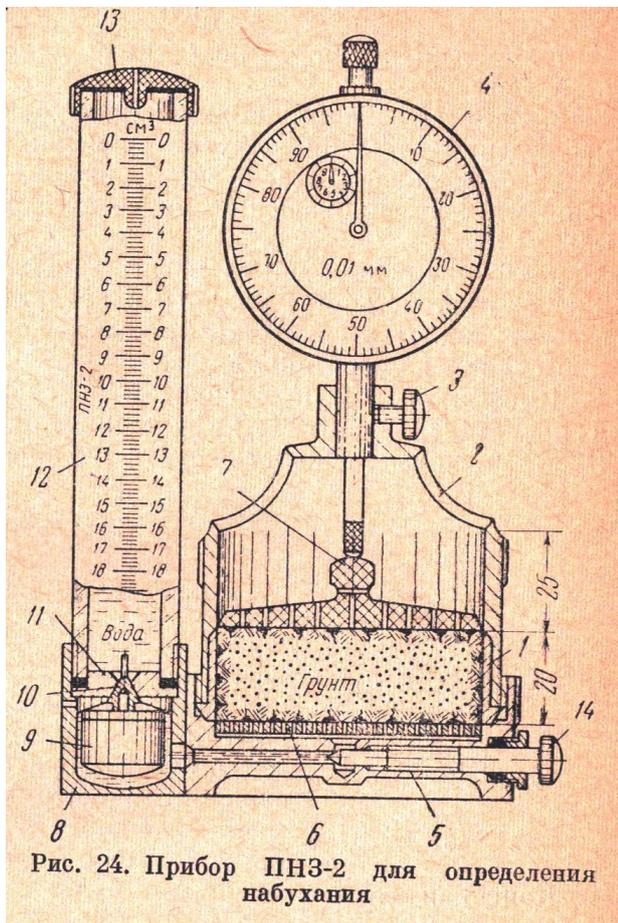
## Усадка

Усадкой называется уменьшение объема и линейных размеров образцов грунта при высыхании.

Явление усадки свойственно глинистым и органогенным грунтам. Она сопровождается неравномерной деформацией грунта при высыхании, появлением в нем трещин, увеличением его водопроницаемости. Влажность, соответствующая постоянному объему грунта называется пределом усадки.

## Набухание

Свойство глинистых грунтов увеличиваться в объеме при взаимодействии с водой называется набуханием. Оно сопровождается увеличением пористости и влажности грунта, при этом консистенция грунта становится более мягкой.



### Размокание

Размокание заключается в потере сплошности и прочности грунта в результате ослабления или разрушения внутренних связей при взаимодействии с водой. Оно характеризует степень водостойчивости.

## 4. РАЗМОКАЕМОСТЬ

Под размокаемостью понимается способность глинистых грунтов при впитывании воды терять связность и превращаться в рыхлую массу с полной потерей несущей способности.

Размокаемость грунтов зависит от их состава, характера связей между частицами и начальной влажности. Величина размокаемости используется при оценке явлений переработки берегов водохранилищ, устойчивости откосов каналов, стенок котлованов и других земляных сооружений. Определение скорости размокания грунтов представляет собой испытание на устойчивость грунта под водой.

Показателями размокания являются: а) время, в течение которого образец грунта, помещенный в воду, теряет связность и распадается, и б) характер распада (крупные или мелкие комочки, пыль и т. д.). Определение размокаемости производится на образцах с нарушенной и ненарушенной структурой в зависимости от целевого назначения работ.

Для определения размокаемости предложен ряд приборов, из которых наиболее удачными являются прибор ПР конструкции Д. И. Знаменского — В. И. Хаустова и прибор конструкции С. И. Синельщикова.

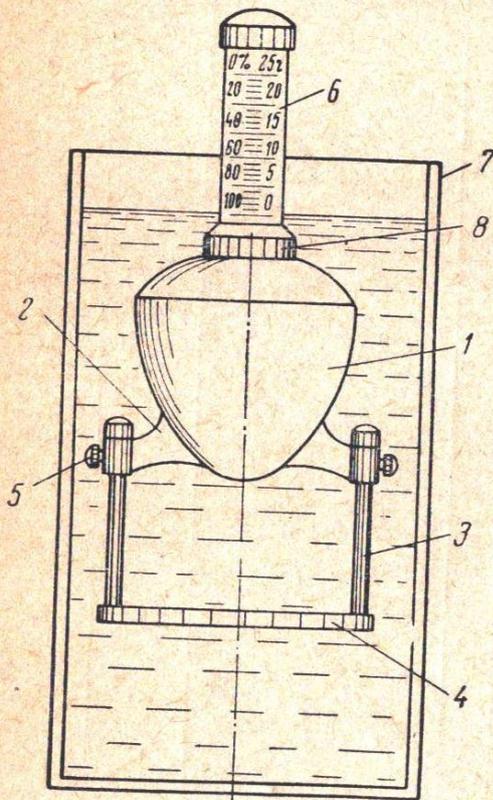


Рис. 26. Прибор ПР для определения размокаемости

определять величину размокания в процентах и по массе. При пользовании этими шкалами прибор необходимо тарировать. Для этого надо налить в банку 7 до метки, нанесенной на боковой поверхности, воды естественного или заданного химического состава и погрузить прибор в банку. При несовпадении нижнего деления шкалы трубки с мениском воды надо отрегулировать положение трубки 6 с помощью гайки 8.

### Задание 23

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМОКАЕМОСТИ В ПРИБОРЕ ПР

Прибор ПР (рис. 26) состоит из полого металлического поплавка 1 в нижней части которого укреплены два кронштейна 2; на кронштейнах при помощи ножек 3 подвешена сетка 4 с квадратными отверстиями  $1 \times 1$  см. Ножки закреплены винтами 5. В верхней части поплавка установлена трубка 6 с двумя шкалами, по которым можно

## Собственно водные свойства грунтов

### **Водонасыщение**

Под водонасыщением понимают свойства дисперсных грунтов впитывать и удерживать в себе свободную воду. Этим свойством обладают как глинистые, так и раздельно-зернистые грунты, поскольку и те и другие имеют поры.

Водонасыщение грунта можно выразить отношением:

$$W_B = \frac{m_B}{m_C}$$

### **Водоотдача**

Способность грунтов свободно отдавать воду, вытекающую из грунта под действием силы тяжести. Характеризуется коэффициентом водоотдачи.

### **Водопроницаемость**

Водопроницаемостью называют способность грунтов пропускать через себя воду. Свойство является настолько важным, что по водопроницаемости все горные породы на делят на две большие группы: водопроницаемые и водонепроницаемые. Показателем водопроницаемости служит коэффициент фильтрации ( $k_f$ ), который в зависимости от способа его определения и других условий может рассчитываться по различным формулам.

### **Контрольные вопросы:**

- Что называется весовой влажностью, и каким способом ее можно определить?
- Что такое степень влажности и для чего необходим этот показатель?
- Назовите все показатели влажности грунта.
- Водно-физические и водные свойства дисперсных грунтов, перечислить и объяснить их влияние на поведение грунтов.
- Что такое пластичность? Что называется пределами пластичности? Для чего необходимо определять эти пределы?
- Приведите классификацию грунтов по числу пластичности.
- Какая существует связь между содержанием в грунте глинистой фракции и числом пластичности и почему между этими величинами наблюдается прямая зависимость?
- Что такое консистенция? Приведите классификацию глинистых грунтов по консистенции.
- Что такое липкость глинистого грунта и чем она обусловлена?
- Что такое усадка, и каким показателем она характеризуется?
- Набухание, его виды и от чего оно зависит?

- Что характеризует свойство размокания грунта, и какие другие свойства грунтов оно косвенно характеризует?
- Назовите и кратко охарактеризуйте водные свойства дисперсных грунтов.

## 1.2. Деформационные и прочностные свойства глинистых грунтов

Механическими называются свойства грунта, проявляющиеся при воздействии на них каких-нибудь сил.

К ним относятся:

1. Деформационные (сжимаемость);
2. Прочностные (механическая прочность грунтов);
3. Реологические (проявляющиеся спустя некоторое время).

### Деформация грунтов. Показатели деформационных свойств.

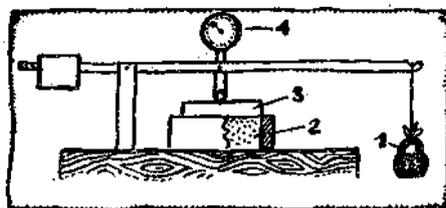


Рис. 39. А так испытывается сжимаемость в лаборатории:

1 — груз; 2 — образец грунта; 3 — штамп; 4 — измеритель деформации

**Сжимаемость рыхлых грунтов** – это способность горных пород уменьшаться в объеме под влиянием внешней нагрузки, что приводит к уменьшению пористости. При больших нагрузках, дальнейшее возможно лишь при дроблении частиц, что характеризуется механической прочностью грунтов.

Показателями деформационных свойств являются: коэффициент компрессии (сжимаемости), модуль общей деформации, модуль сжимаемости и степень консолидации. Эти показатели получают в результате компрессионных испытаний.

**Компрессией** – называется сжимаемость грунтов в условиях невозможности их бокового расширения.

При компрессионных испытаниях ведутся наблюдения за изменением высоты образца по специальным приборам, производится вычисление коэффициента пористости. По результатам опыта строятся графики зависимости  $h=f(P)$ ,  $e=f(P)$ , которые называются компрессионными кривыми.

**Коэффициент компрессии  $a$**  – это тангенс угла наклона прямой с наименьшей погрешностью заменяющую компрессионную кривую или изменение

коэффициента пористости в интервале двух давлений. Определяется по формулам:

$$a = \frac{e_1 - e_2}{P_2 - P_1}$$

$$a = \operatorname{tg} \alpha$$

Где  $e_1, e_2$  – коэффициенты пористости при давлениях  $P_1$  и  $P_2$ .

Коэффициент компрессии является классификационной характеристикой, позволяющей разделить грунты по степени сжимаемости на:

Практически несжимаемый  $a$  меньше 0,001

Слабо сжимаемый  $a$  0,001-0,01

Средне сжимаемый  $a$  0,01-0,1

Сильно сжимаемый  $a$  более 0,1

### **Модуль общей деформации:**

$$E_0 = \beta \frac{1 + e}{a}$$

Где  $a$  – коэффициент компрессии,  $\beta$  – безразмерный коэффициент, зависящий от относительной поперечной деформации грунта, который принимают равным:

Для песков – 0,8

Для супесей – 0,7

Для суглинков – 0,5

Для глины – 0,4

**Модуль сжимаемости** показывает величину сжатия образца или слоя грунта мощностью 1 м при приложении к нему внешней нагрузки  $P$ .

$$E_c = 1000 \frac{\Delta H}{H}$$

Где  $\Delta H$  – сжатие образца или слоя грунта при нагрузке  $P$ , мм;

$H$  – высота образца или мощность слоя, м.

Ниже приводится классификация грунтов по величине относительной сжимаемости ( $E_c$ , мм/м):

Практически несжимаемый – менее 1;

Слабо сжимаемый – 1-5;

Средне сжимаемый – 2-60;

С повышенной сжимаемостью – 21-60;

Сильно сжимаемый – более 60.

### Степень консолидации (модуль осадки).

Степенью консолидации называется отношение величины сжатия в данный момент времени к полной величине сжатия при завершении консолидации.

$$V = \frac{\Delta H_t}{\Delta H}$$

Где  $V$  – степень консолидации;

$\Delta H_t$  – сжатие или осадка в данный момент времени;

$\Delta H$  – полное сжатие при завершившейся консолидации от нагрузки.

### Механическая прочность грунтов

Для определения механической прочности структурных связей, используют схему сдвига, так как разрыв структурной связи происходит при горизонтальном перемещении частиц грунта относительно друг друга. Образец грунта испытывают в сдвиговых приборах при трех ступенях вертикальной нагрузки ( $P_1, P_2, P_3$ ), получая при этом значения сопротивления грунта сдвигу  $\tau_1, \tau_2, \tau_3$ . По результатам опыта строят график зависимости  $\tau=f(P)$ .

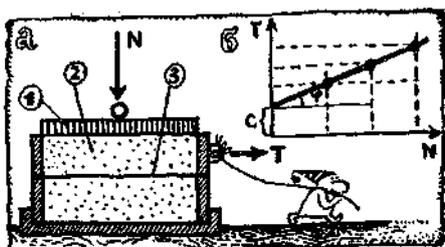
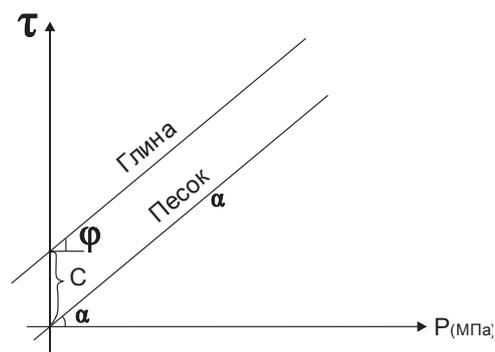


Рис. 42. В лаборатории также определяется прочность грунтов:

**а** — сдвиг в приборе: **1** — поршень, **2** — образец грунта, **3** — плоскость сдвига: **б** — как определяется угол трения и сцепления грунта: **T** — сдвигающее усилие, **N** — вертикальное давление



Анализ графиков для песков и глинистых грунтов показывает, что для связанных (глинистых) грунтов необходимо затратить усилие на сдвиг, даже при отсутствии вертикального давления – это усилие необходимо для разрушения структурных связей глинистых пород. Эта величина называется коэффициентом сцепления ( $C$ ).

Угол наклона графика к горизонтальной оси называется углом внутреннего трения ( $\varphi$ ).

Математически уравнение параллельного переноса имеет вид:

$$\tau = \text{tg}\varphi + C \text{ (закон Кулона)}$$

### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое механические и реологические свойства дисперсных грунтов, их виды и значение?
2. Что называется компрессией? Назовите виды компрессионных кривых.
3. От чего зависят деформационные свойства (сжимаемость) грунта?
4. Приведите все показатели сжимаемости грунтов.
5. Какими способами можно определить сжимаемость грунтов?
6. Нарисуйте наиболее характерные компрессионные кривые различных по свойствам грунтов.
7. Что такое консолидация глинистого грунта и от чего она зависит?
8. Что определяет прочность дисперсных грунтов? Приведите уравнение Кулона для связанных и несвязанных грунтов.
9. От чего зависит прочность дисперсного грунта?
10. Какими способами определяют прочность дисперсного грунта?

## **ТЕМА № 11: Физико-геологические и инженерно- геологические процессы и явления**

### **Процессы, связанные с деятельностью факторов выветривания**

Выветриванием называется процесс непрерывного изменения и разрушения горных пород под действием ряда внешних факторов. Процесс выветривания начинается с поверхности и распространяется на глубину, постепенно изменяя материнскую породу. В результате процессов выветривания образуется кора выветривания или элювий, которая разделяется на (снизу вверх): монолитную, глыбовую, мелкообломочную зоны и зону тонкого дробления.

Различают три вида выветривания: физическое, химическое и биологическое.

**Физическое выветривание** проявляется в механическом разрушении пород, которое приводит к изменению их гранулометрического состава и образованию обломочных грунтов.



Photo by David McGeary

**Химическое выветривание** проявляется в изменении химического состава горных пород в результате растворения, окисления, гидратации и дегидратации минералов, входящих в состав горной породы.



**Биологическое выветривание** – разрушение пород в процессе жизнедеятельности растений, животных и микроорганизмов.





Наиболее интенсивно химическое и биологическое выветривание проявляется в теплом влажном климате, тогда как физическое выветривание преобладает в засушливом с резкой сменой дневных и ночных температур.

Мероприятия по борьбе с выветриванием: съем элювия, покрывающего чехлом склон и грозящего обвалами, оползнями, недобор грунтов до проектной отметки в случае, если эти грунты подвержены быстрому выветриванию.

### **Контрольные вопросы:**

Какие процессы и явления называются геологическими, а какие – инженерно-геологическими? Что такое процесс и явление?

Что такое определяющий фактор и на какие виды делятся геологические процессы в зависимости от этого фактора?

Охарактеризуйте виды выветривания и строение выветрелой зоны.

### **Эоловые процессы**

Геологическая роль ветра определяется его энергией и заключается в двух процессах: разрушительном (скальных пород) и переносном (дефляции рыхлых отложений).

Данные процессы приводят к выбиванию частиц породы из массива скальных пород и переносу большого количества мелкообломочного материала в пониженные части рельефа, что формирует пустынные ландшафт.

Формы эоловы отложений:

Барханы – это песчаные холмы, которые медленно перемещаются в направлении ветра (скорость 30 м/год).

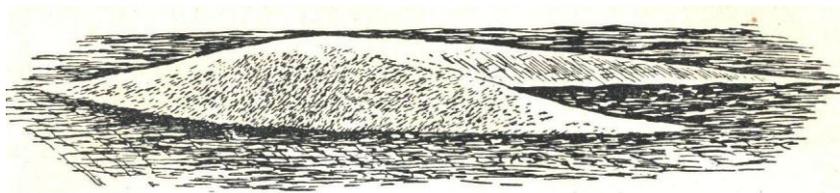
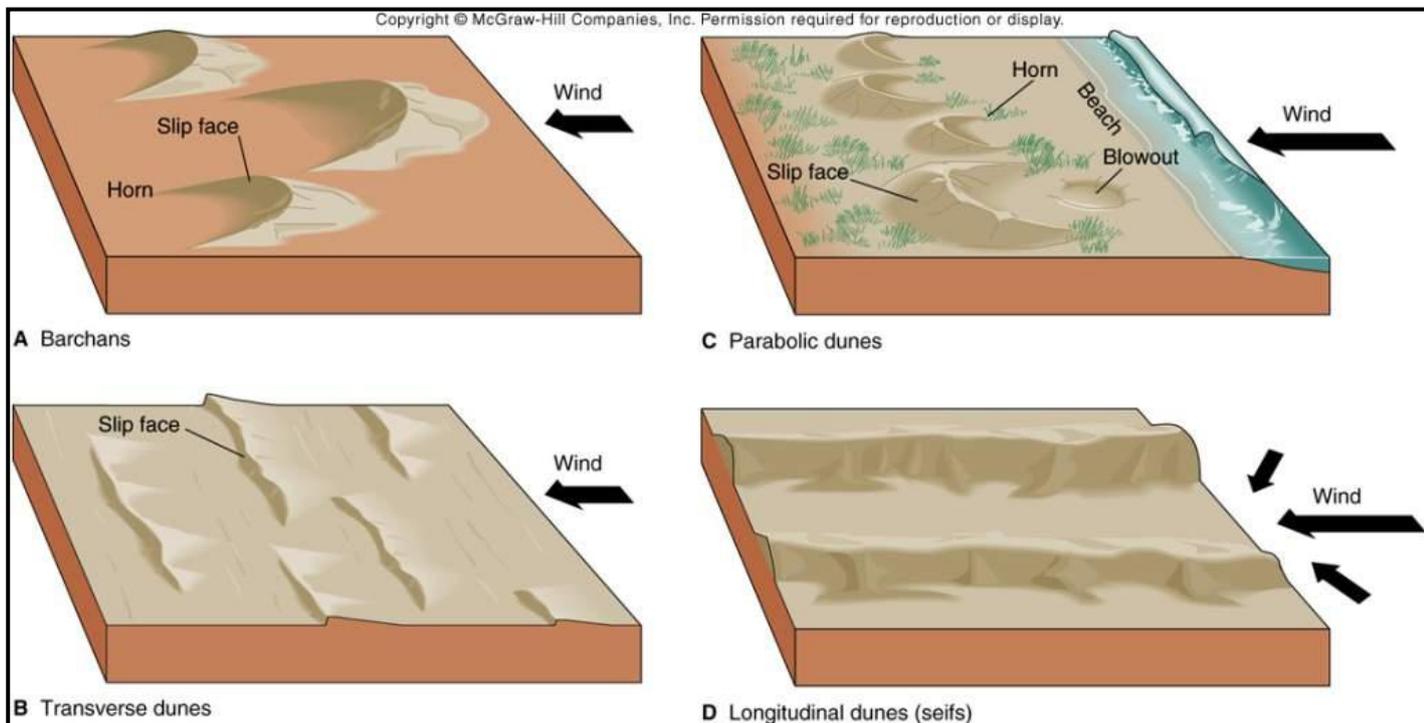


Рис. 76. Бархан (из книги А. Холмса)

Дюны – песчаные грядообразные, вытянутые вдоль побережья холмы, движущиеся внутрь материка.

Грядовые пески – представляют собой вытянутые в форме гряд или валов отложения эоловых песков в районах полупустынь.

Бугристые пески – это более низкие, чем грядовые, холмообразные образования с пологими склонами, покрытые растительностью.



### Мероприятия по борьбе с эоловыми процессами

Угроза заключается в том, что при движении барханов или дюн перемещаются громадные массы песка, которые засыпают дороги, ирригационные каналы и сооружения, населенные пункты.

Строительство и эксплуатация требуют постоянной борьбы с движущимися песками.

Для этой цели применяются следующие мероприятия:

Устройство щитовых ограждений вдоль дорог и каналов для задержки движения песков;

Закрепление песков различного вида эмульсиями и растворами;

Фитомелиорация – посадка растений, создание лесополос, посев трав и пр.

### Контрольные вопросы:

Перечислите виды ветровой деятельности и районы ее проявления в РК.

Назовите формы эоловых отложений.

Назовите мероприятия по борьбе с эоловыми процессами.

### Процессы, связанные с деятельностью поверхностных вод

Здесь рассматриваются следующие процессы: речная эрозия, морская (озерная) абразия, оврагообразование, сели.

#### Речная эрозия

Эрозионная деятельность реки осуществляется различными несколькими способами:

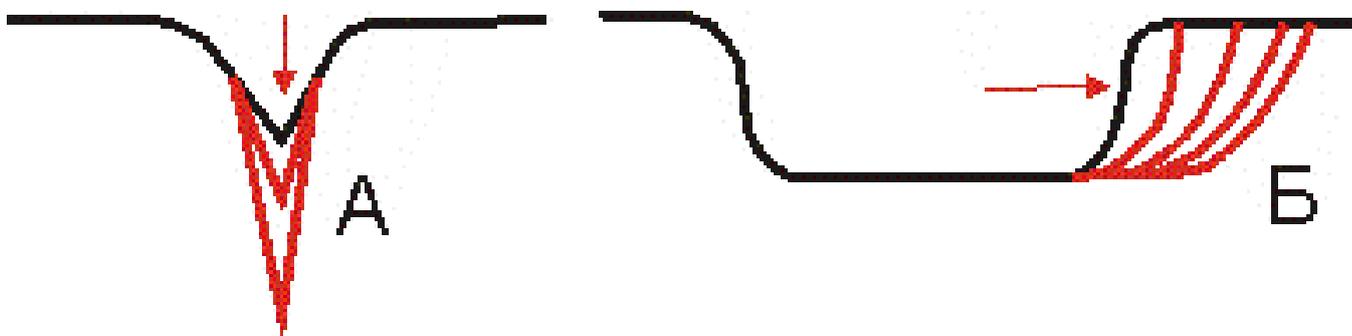
при помощи переносимых речным потоком осадков, которые воздействуют на коренные породы ложа реки как абразивный материал;

за счёт растворения пород ложа (важную роль в этом играют растворённые в воде органические кислоты);

за счёт гидравлического воздействия воды на рыхлый материал ложа (вымывание рыхлых частиц);

дополнительными факторами могут служить разрушение берегов во время ледохода, темроэрозионные процессы и др.

Эрозия может быть направлена на углубление дна долины – донная (или глубинная) эрозия, или на размыв берегов и расширение долины – боковая эрозия. Эти два вида эрозии действуют совместно.

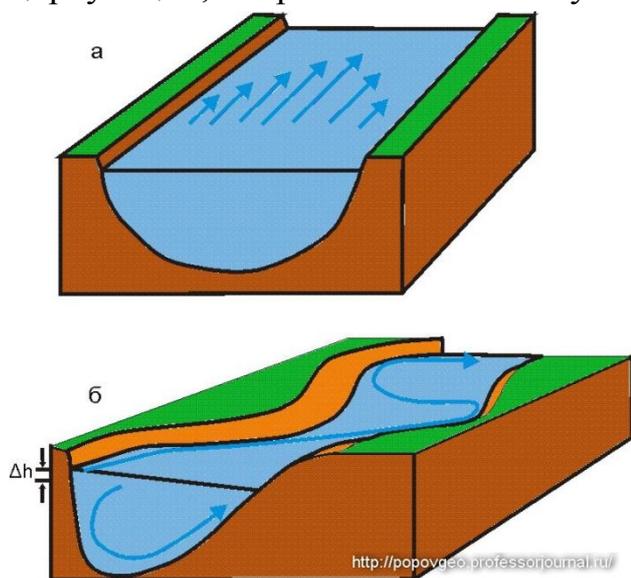


*Развитие глубинной (а) и боковой (б) эрозии*



Интенсивность глубинной эрозии определяется в первую очередь уклоном русла (и, соответственно, энергией потока). При преобладании глубинной эрозии формируются глубокие врезы с крутыми берегами и V-образным сечением речной долины, пойма развита фрагментарно (на островах и небольших участках у выпуклых берегов излучин). В рельефе такие участки нередко представлены глубокими каньонами.

Интенсивность боковой эрозии зависит от угла подхода стрежени потока к берегу. Стрежень - линия, соединяющая точки наибольших скоростей на поверхности воды. На прямых участках стрежень обычно располагается близ середины водотока, в таких условиях боковая эрозия не проявляется. На извилистых участках происходит отклонение стрежени к одному из берегов, что приводит к сжатию потока и его «набеганию» на этот берег, сопровождающемуся размывом последнего. «Прижимание» потока к берегу обуславливает образование циркуляционного течения, донная ветвь которого направлена к противоположному берегу. Поскольку придонные слои наиболее насыщены обломочным материалом (в том числе и образованным за счёт эрозии берега), то происходит перемещение материала от размываемого берега к противоположному, где происходит его аккумуляция в форме прирусловой отмели. Формирование прирусловой отмели приводит к ещё большему искривлению русла и отклонению стрежени к размываемому берегу, определяя направление боковой и глубинной эрозии. Наибольшая скорость размыва берега отмечается там, где к нему прижимается стрежень потока. Выше и ниже по течению происходит последовательная смена зоны очень сильного размыва сильным, средним, слабым и, наконец, берег перестаёт размываться и переходит в прирусловую отмель. Таким образом, изгиб русла приводит к образованию чередующихся вдоль берега зон ускорения и замедления течения и поперечной циркуляции, направленной от вогнутого берега к выпуклому.

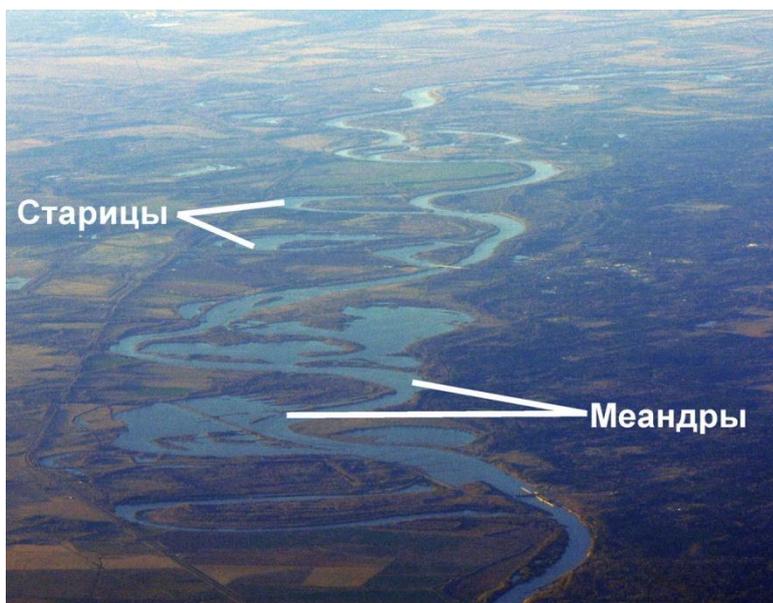


## Различные условия взаимодействия речного потока с берегами рек (по Р.С. Чалову):

**а** – стрежень проходит посередине русла, берега не размываются;

**б** – поток походит к берегу под углом, вызывая сжатие струй и размыв берега; у противоположного берега образуется аккумулятивная отмель

**(h** – превышение уровня воды у вогнутого берега на среднем уровне в данном сечении).



Согласно описанному выше механизму в процессе размыва берегов образуются крутые изгибы речной долины – меандры. Узкие «перегородки» между меандрами в период половодий могут размываться, что приводит к спрямлению русла реки и образованию стариц. Старица – это замкнутый водоем, обычно продолговатой извилистой или подковообразной формы, образовавшийся в результате полного или частичного отделения участка реки от её прежнего русла. Старицы некоторое время могут сохранять связь с рекой, но постепенно входы в них заносятся речными отложениями – происходит их превращение в старичные озёра, а затем - в болота или сырые луга.

В русле меандрирующих рек при уменьшении уклона русла и извилистости могут возникать намывные острова. На широких участках долины при относительно прямолинейных очертаниях русла и поймы может формироваться серия таких островов, что приводит к ветвлению русла – его разделению на несколько потоков. Эти острова перемещаются вниз по течению, постоянно изменяя очертания.

Скорость эрозии определяется сочетанием ряда факторов: энергии потока, состава пород ложа, развития растительности, интенсивности техногенного

воздействия и пр. Зависимость скорости размыва берегов от состава пород приведена в таблице.

Речная эрозия нередко приводит к активизации других экзогенных геологических процессов. Так, интенсивная глубинная эрозия, приводит к образованию каньонов и V-образных долин с крутыми склонами, на которых активно проявляются обвальные и осыпные процессы. Подмыв высоких берегов, сложенных трудноразмываемыми породами, при боковой эрозии приводит к развитию оползней, осыпей и обвалов.

### **Морская (озерная) абразия**

В смысле угрозы для сооружений более важной является разрушительная деятельность моря или абразия, которая приводит к отступлению бровки берега в сторону суши, обрушению больших блоков породы, разрушению защитных сооружений и возникновению вторичных явлений таких, как обвалы, оползни.

Факторы, способствующие возникновению абразии, подразделяются на две группы:

Ветровые и приливные волны, твердый обломочный материал, переносимый волнами и морскими течениями;

Литологический состав и условия залегания горных пород в береговой полосе, водопрочность пород, форма очертания берегового склона.



Определяющим фактором абразии является энергия ветровой и приливной волны, которая формируется под действием ветра и имеет большую энергию размыва.

Морские течения, имеющие сравнительно небольшую скорость, практического значения в процессе размыва не имеют, но играют большую роль в процессе размыва.

Таким образом, основным разрушительным фактором абразии является ударная сила волны.

Вторая группа факторов зависит от пород берегового склона. Это прежде всего литолого-петрографический состав пород. Склоны, сложенные рыхлыми песчано-глинистыми отложениями разрушаются гораздо быстрее, чем сложенные скальными породами.

Условия залегания горных пород также играют значительную роль при разрушении берега. В случае падения пластов в сторону берега обрушение его происходит наиболее быстро, т.к. вода подрезает целую пачку пластов или полную мощность слоя. При горизонтальном залегании разрушение берега несколько замедляется и наиболее медленно оно протекает при пологом падении пластов в сторону моря.

Также водопрочность пород играет большую роль при определении интенсивности абразии. Очень большую роль играет форма очертания и крутизна берегового склона.

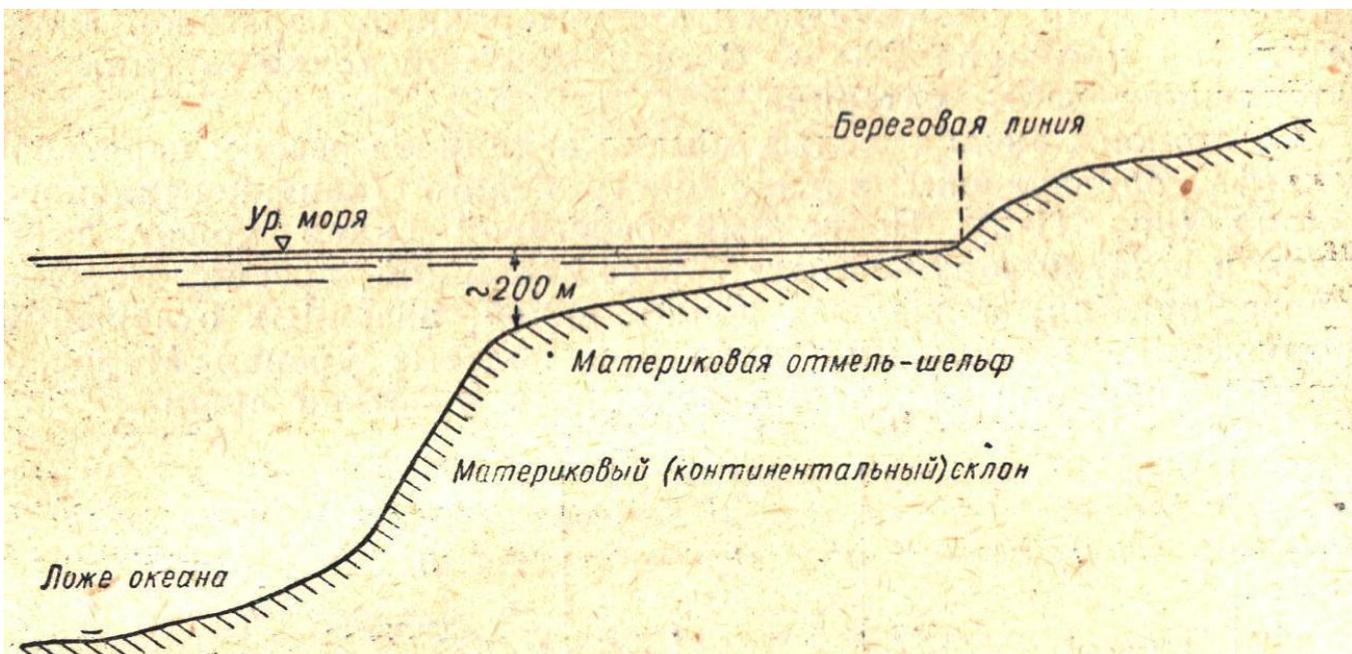


Рис. II-2. Схема расположения шельфа, т. е. материковой отмели, окаймляющей материк.

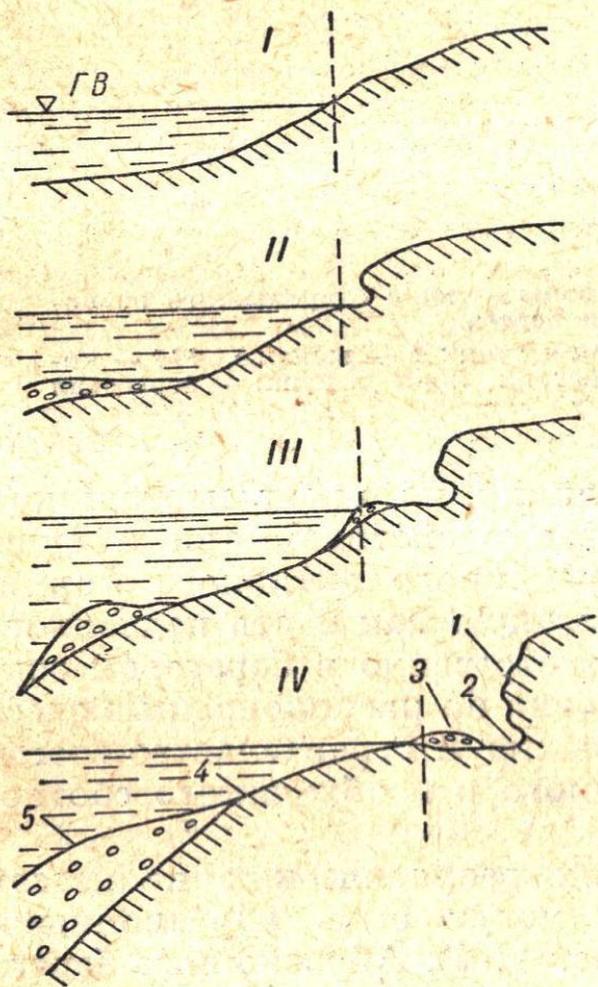


Рис. II-3. Стадии (I—IV) формирования профиля абразионного берега (по В. П. Зенковичу).

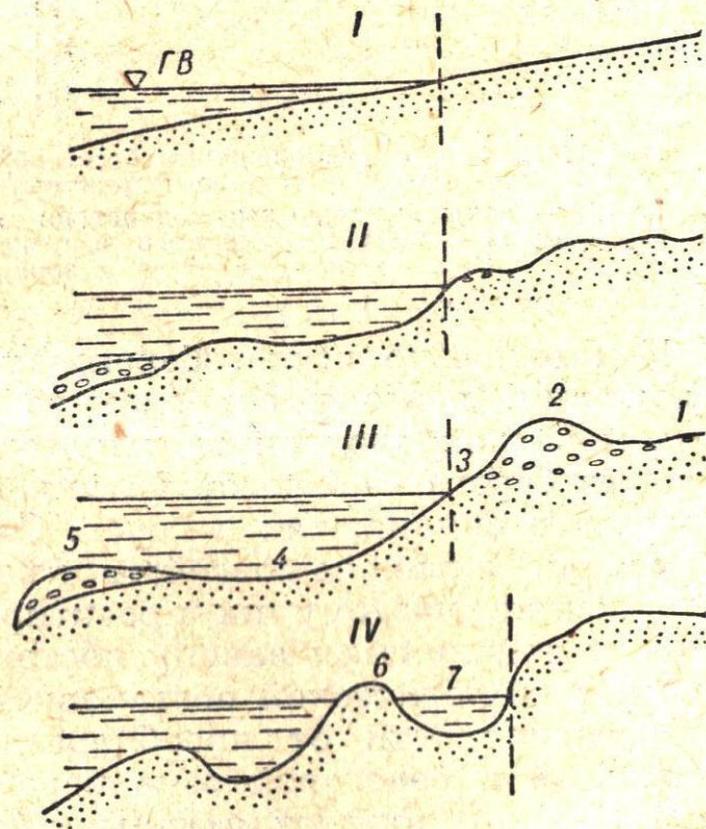


Рис. II-4. Стадии (I—IV) формирования профиля аккумулятивного берега (по В. П. Зенковичу).

Меры борьбы с переработкой берегов:

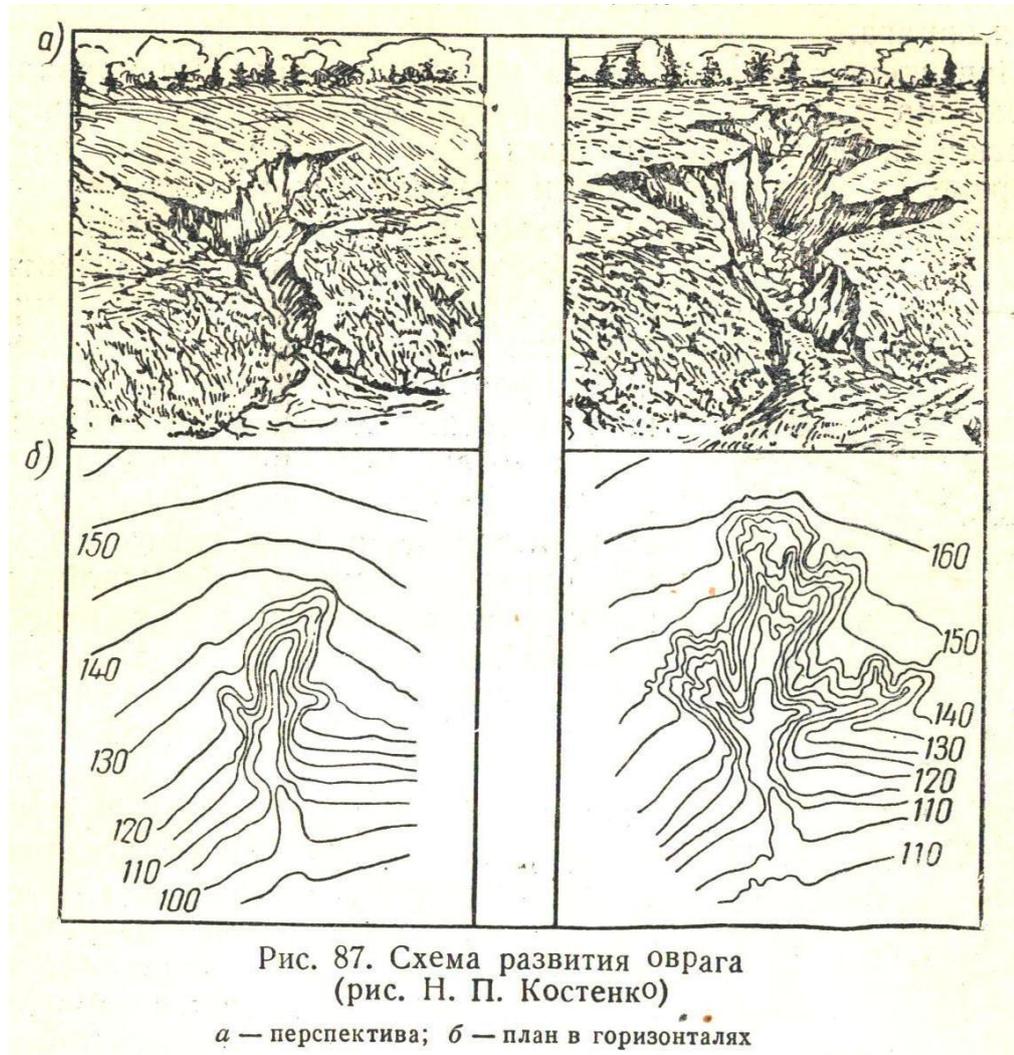


### Оврагообразование.

Формирование оврагов начинается с образования эрозионных борозд — переходных форм от плоскостного к линейному размыву поверхности склонов. Борозды возникают за счёт плоскостного стока дождевых и талых вод при слиянии небольших струек в наиболее пониженных участках склона. Дальнейшая эрозия в бороздах приводит к образованию более крупных форм — рытвин. Для рытвин характерны крутые незадернованные борта и продольный профиль, близкий к профилю склона. За счёт наиболее крупных и быстро растущих рытвин в процессе их углубления и расширения образуются овраги, обладающие продольным профилем, отличным от профиля склона. Дно молодых оврагов отличается неровностью. По мере дальнейшего углубления профиль оврага постепенно выравнивается за счёт развития глубинной эрозии, направленной на приближение к уровню базиса эрозии. Верхняя часть оврага представляет собой

крутой уступ, за счёт размыва которого овраг продвигается вверх по склону. Такой процесс роста вверх по течению потока называется регрессивной или попятной эрозией. Скорость роста оврагов может быть очень высокой и достигать нескольких метров в год; при разработке промоин, осложняющих склоны оврагов, может возникать ветвящаяся овражная система. По мере развития овраг своим истоком приближается к водоразделу, а устьем к базису эрозии, его продольный профиль приобретает вогнутую форму, а поперечный – V-образным, с крутыми незадернованными склонами. В условиях незначительной скорости углубления происходит расширение оврага, он приобретает U-образный профиль и затем превращается в балку – эрозионную форму, характеризующуюся наличием плоского дна и пологих склонов, закреплённых растительностью.

Водный поток, движущийся по дну оврагов и балок во время дождей и таяния твёрдых осадков, переносит мелкий обломочной материал. В низовьях оврага, где энергия потока снижается, могут образовываться конусы выноса оврагов.



Меры борьбы с оврагообразованием:

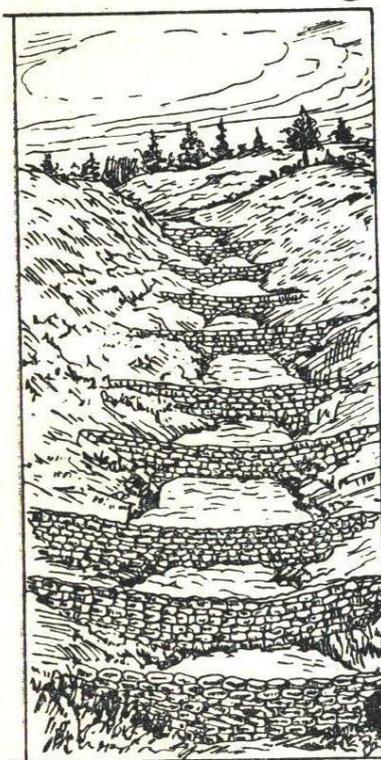
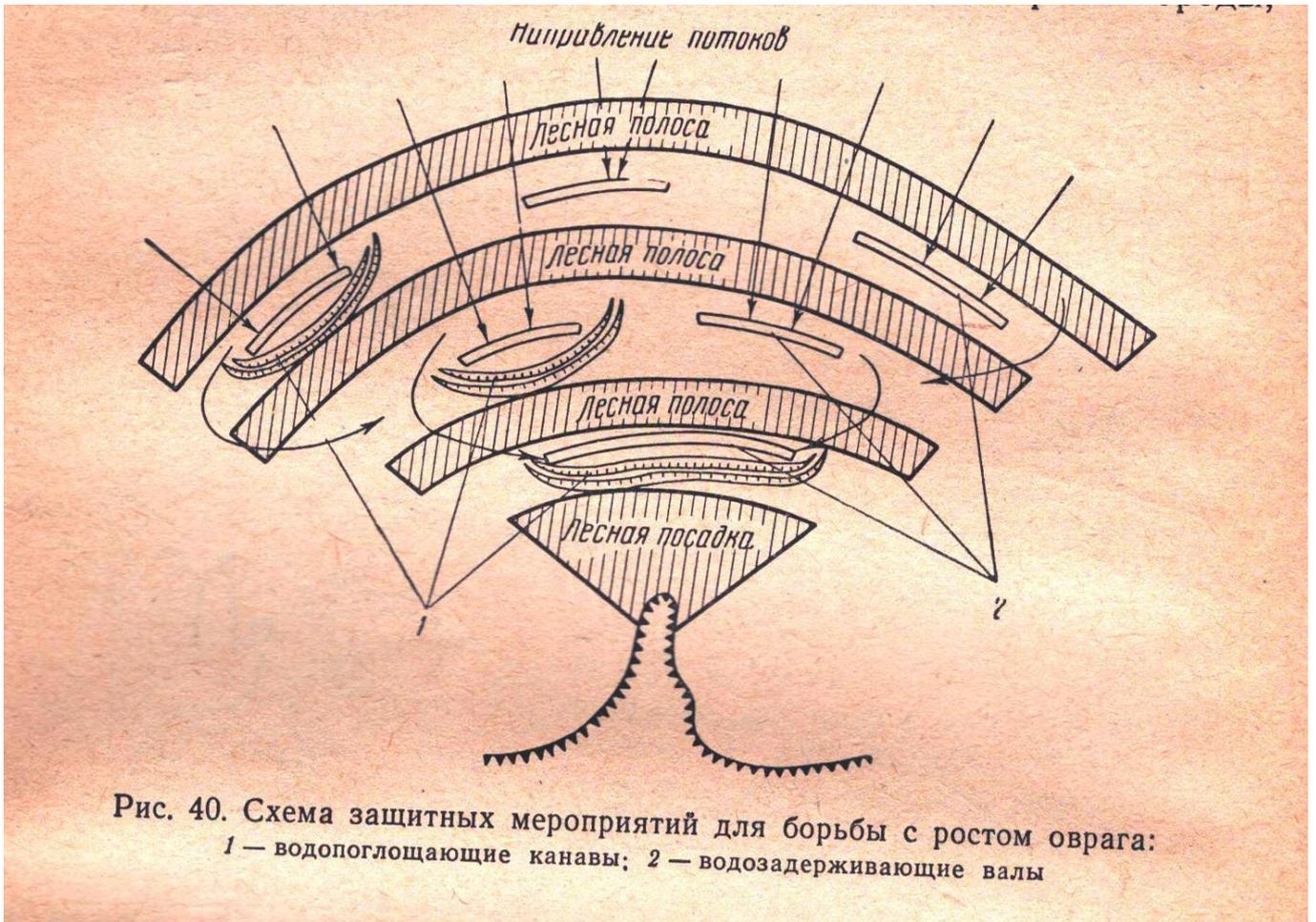


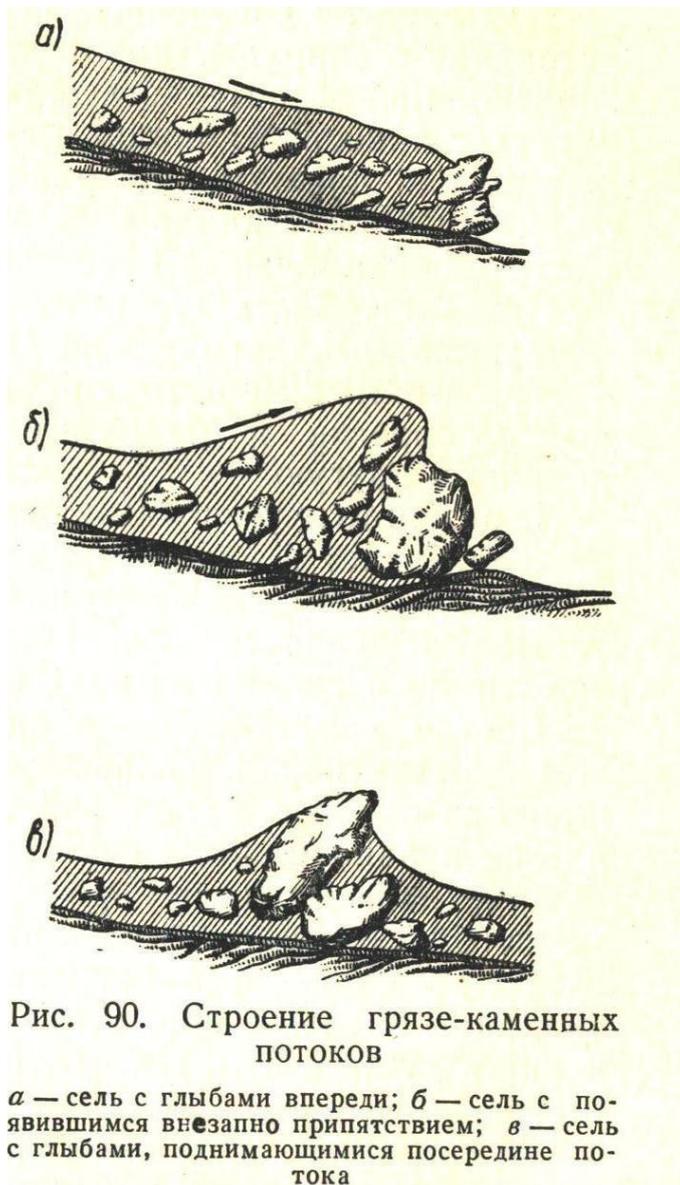
Рис. 89. Борьба с ростом оврага. (рис. Н. П. Костенко)

Сели

Зарождение временных горных потоков связано с ливневыми дождями и интенсивным таянием снега и ледников. В верхней части горных склонов система сходящихся рытвин и промоин образует водосборный бассейн. Ниже располагается канал стока – русло, по которому движется вода. Значительный уклон русла обуславливает высокую энергию потока, по пути движения он подхватывает большое количество обломочного материала разного размера. Насыщение обломочным материалом может превратить водный поток в сель – временный разрушительный поток, перегруженный грязе-каменным материалом. В грязе-каменном потоке, имеющим значительно большую плотность, чем вода и высокую кинетическую энергию, способны перемещаться даже глыбы, размером до нескольких метров. Сели могут формироваться также при обвале больших масс обломочного материала в горные реки, прорыва ледниковых или запрудных озёр.

При выходе на предгорную равнину скорость водных или грязе-каменных потоков уменьшается, потоки разветвляются, и переносимый материал откладывается, образуя конус выноса временного горного потока в виде полукруга, поверхность которого наклонена в сторону предгорной равнины.





### *Методы борьбы с селевыми потоками*

Различают активные и пассивные методы борьбы.

Пассивные представляют борьбу с потоками в области транзита и разгрузки, т.е. в тот момент, когда сель уже начался. Данный метод предусматривает строительство подпорных стенок, трассирование склона и устройство специальных селехранилищ на пути селевого потока.

Активные методы борьбы с селем предполагают мероприятия в пределах области питания, т.е. в местах зарождения селя:

Отвод жидкой фазы поверхностного потока от места будущего проявления селя;

Сохранение почвенной растительности в пределах очага;

Обсадка склона травянистыми или кустарниковыми растениями, закрепляющими твердую поверхность склона;

Систематическое наблюдение за ледниками и искусственное регулирование их объема.



Рис. IV-4. Схема расположения селезащитных сооружений в бассейне реки.  
1 — плотина-запруда; 2 — струенаправляющая дамба.

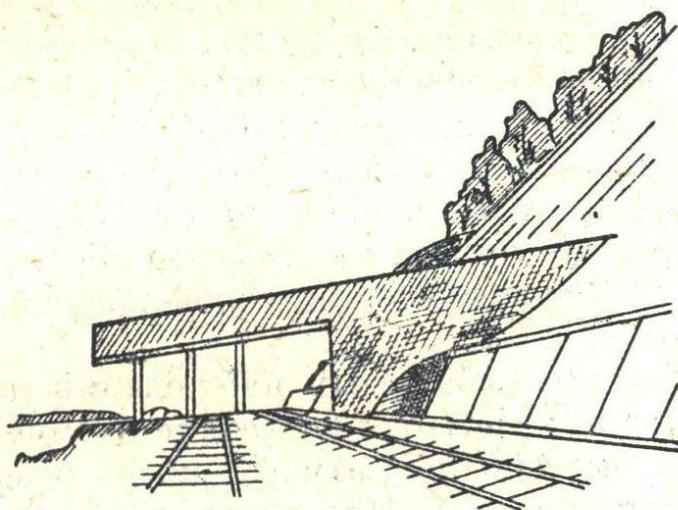


Рис. IV-5. Железобетонный селедук для организованного сброса селя над полотном дороги.



Рис. IV-6. Сквозной селеулавливатель.

Контрольные вопросы:

Назовите все процессы, связанные с деятельностью поверхностных вод и их определяющий фактор.

Чем определяется интенсивность оврагообразования?

Охарактеризуйте стадии развития оврага.

Нарисуйте схему мероприятий по борьбе с оврагами.

В чем заключается геологическая деятельность рек и каковы ее последствия?

Перечислите мероприятия по борьбе с неблагоприятными последствиями водной эрозии.

Назовите факторы, обуславливающие волновую деятельность морей и озер; к чему приводит эта деятельность?

## **Процессы, связанные с деятельностью подземных вод**

### **Суффозия**

Суффозией называется процесс выноса частиц грунта (механическая суффозия) или легко растворимых солей (химическая суффозия) потоком подземной воды с образованием пустот, воронок, провалов, иногда сопровождающийся оседанием поверхности земли.

Наиболее активно суффозия проходит при условиях:

Гидравлический градиент должен быть больше 5, что обеспечивает турбулентный характер движения;

Соотношение крупных и мелких фракций должно быть более чем 1:20.

Наиболее активно суффозия происходит на контакте двух слоев, если соотношение коэффициентов фильтрации больше двух.

Для каждой грунтовой породы существуют критические скорости, начиная с которых процесс суффозии активизируется.

Химическая суффозия происходит в засоленных грунтах. При изучении суффозии проводят следующие работы:

Изучается геоморфология района;

Гидрогеологические условия;

Изучается режим и физико-механические свойства водоносного грунта, особенно близкого к поверхности.

Формы проявления суффозии: суффозионная осадка, лессовый карст, суффозионные оползни.

#### *Мероприятия по борьбе с суффозией*

Правильный подбор фильтра водозаборной скважины, устройство насыпных фильтров, гравийных фильтров.

Предотвращение поступления воды к участкам, склонным к суффозии, посредством дренажа.

Защита глинистых заселенных пород путем установления специальных покрытий (гидроизоляция).

Уменьшение скорости подземных вод вблизи сооружений, путем создания искусственных преград потоку.

Методы мелиорации для уменьшения водопроницаемости пород (битумизация, глинизация).

### Плывуны

Плывуны – это песчано-глинистые водонасыщенные грунты, ведущие себя наподобие вязких жидкостей. При вскрытии их выемкой они разжижаются и приходят в движение в сторону выемки. В свободном состоянии они не обладают несущей способностью.

По своему составу и свойствам плывуны бывают истинные и ложные.

Ложные – представляют собой обычные несвязанные раздельно-зернистые грунты, которые переходят в плывунное состояние в результате полного водонасыщения и возникновения в них гидродинамического давления движущегося грунтового потока.

Истинные плывуны, могут быть разнообразными по своему гранулометрическому составу – от песков до суглинков. В этих грунтах существуют структурные связи коллоидного характера. Они обладают высокой гидрофильностью и малой прочностью. При ударах, сотрясениях, вибрациях часть связанной воды высвобождается, структура грунта разрушается и он разжижается (тиксотропия).

Методы борьбы: замораживание, силикатизация, электроплавление, дренаж, электродренаж.

Плывуны могут служить основанием фундаментов сооружений в естественном состоянии, т. е. как естественное основание, или после их предварительного искусственного уплотнения и укрепления, т. е. как основание искусственное. При расположении фундаментов сооружений на пльвунах как на естественном основании обычно их проектируют так, как на слабых основаниях,

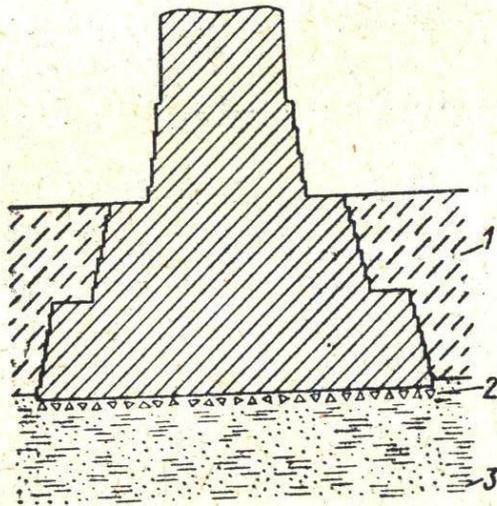


Рис. VIII-2. Фундамент, расположенный непосредственно на пльвуне. К основанию фундамент расширен.  
1 — суглинок; 2 — щебень; 3 — пльвун.

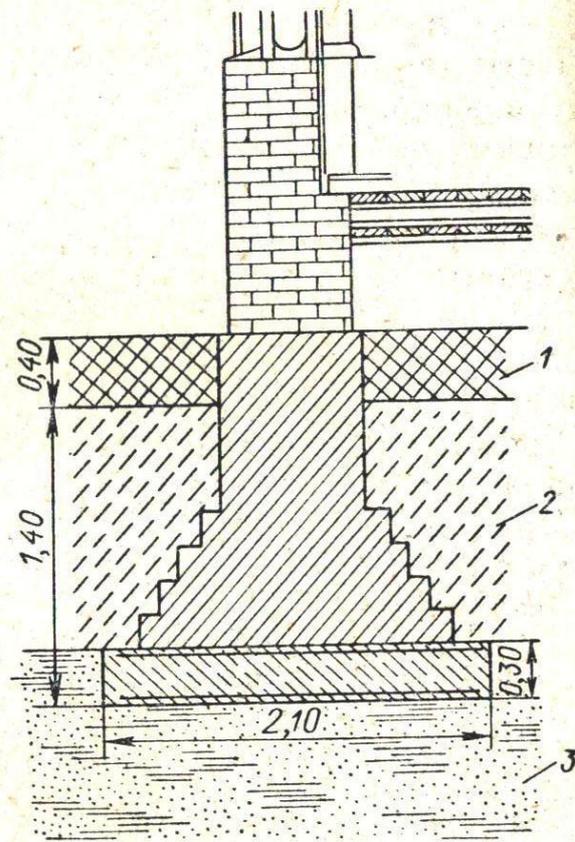


Рис. VIII-3. Фундамент, расположенный на пльвуне. В основании фундамента железобетонная подушка (по М. И. Евдокимову-Роковскому).  
1 — подсыпка; 2 — суглинок; 3 — пльвун.  
Размеры приведены в метрах.

### Контрольные вопросы:

Перечислите и кратко опишите процессы, связанные с деятельностью подземных вод. Что является основным определяющим фактором этих процессов?

Что такое суффозия и в каких видах и формах она проявляется?

Что такое пльвуны и в чем заключается свойство их тиксотропности?

### Процессы, связанные с деятельностью поверхностных и подземных вод

#### Просадочность в лессовых грунтах

Рассмотрена подробно в главе «Грунты особого состава и свойства».

*Методы борьбы с просадками*

Сооружение водозащитных устройств и дренажных сооружений.

Применение методов мелиорации лессовых пород: механическое уплотнение, обжиг и т.д.

### **Карст**

*Карстом* называют процесс растворение горных пород и образование специфических форм карстового рельефа.

Для активного развития карста необходимы следующие условия: наличие легкорастворимых карстующихся пород при условии расположения их выше базиса эрозии, растворяющая деятельность поверхностных и подземных вод – определяется минерализацией, напором и химсоставом поверхностных и подземных вод и скоростью их движения.

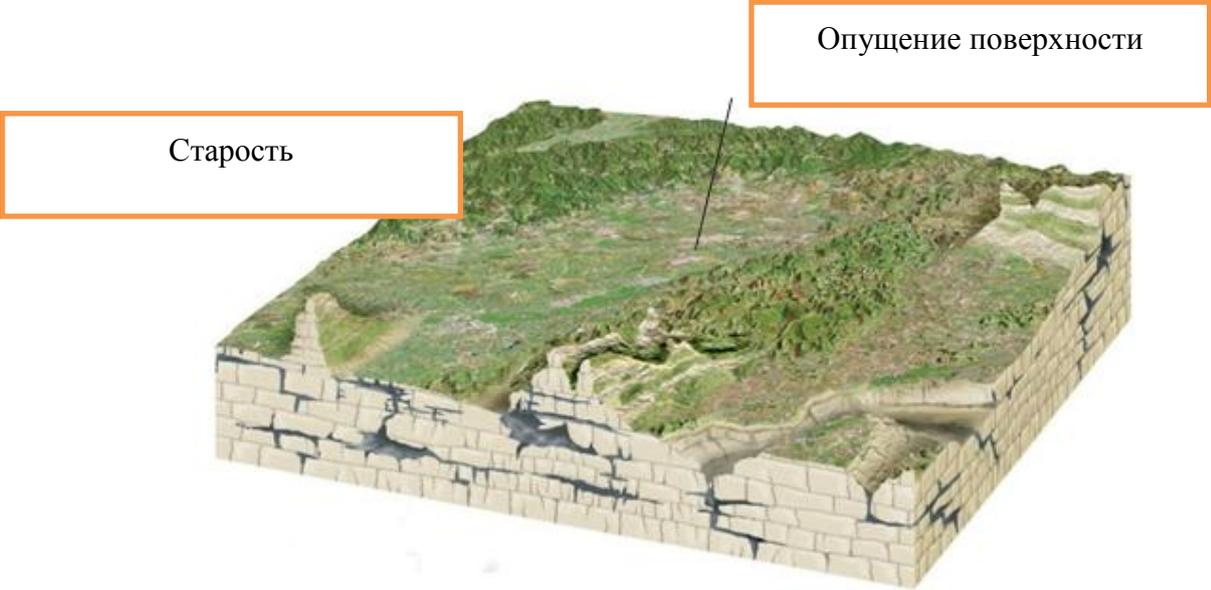
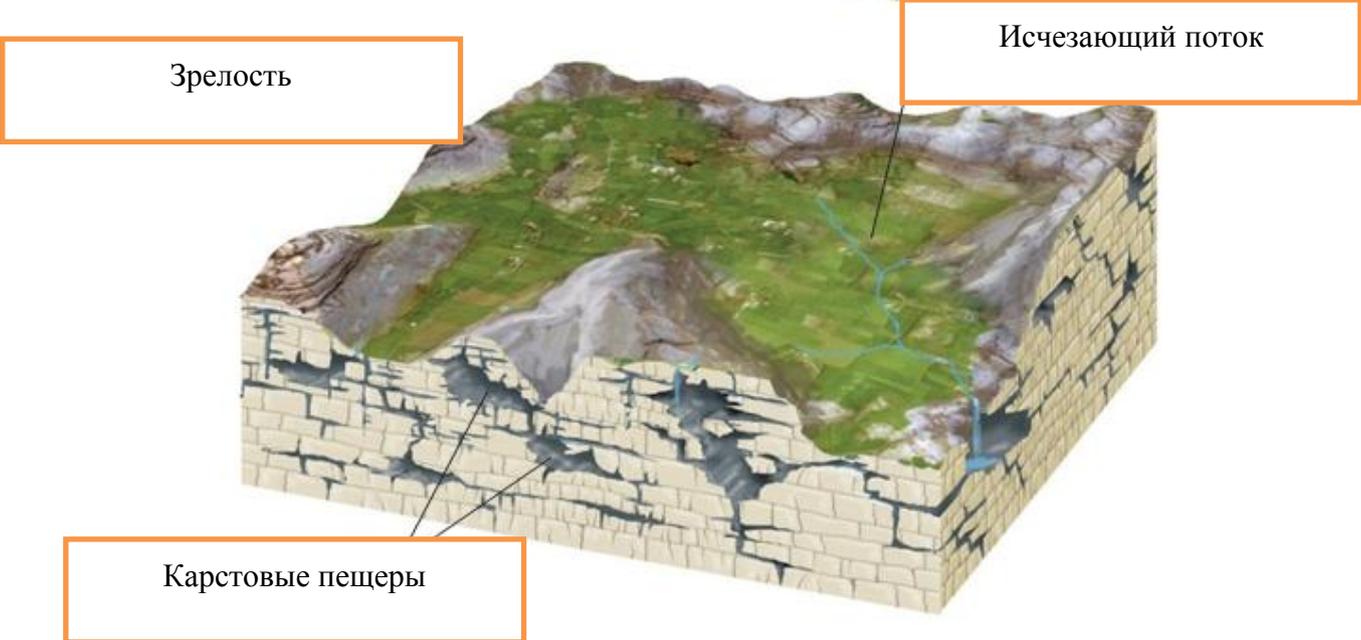
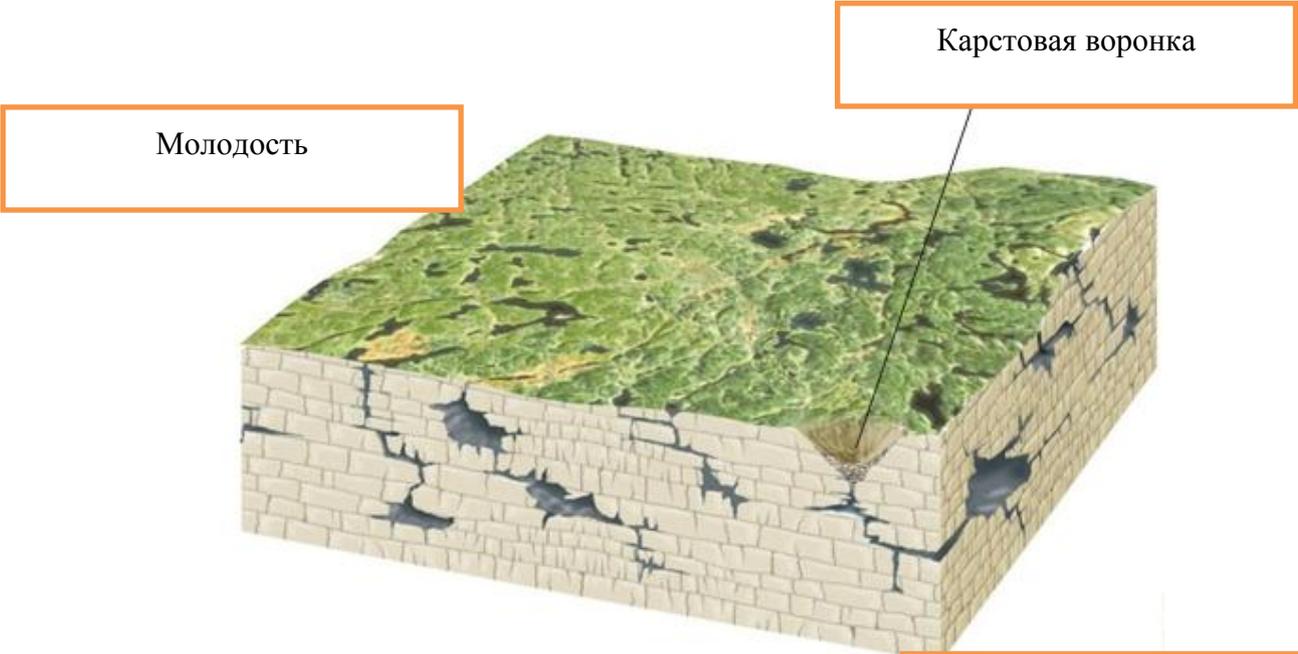
Большое значение приобретает в процессе карстообразования базис эрозии – наименьшая абсолютная отметка, к которой стекаются подземные воды. В связи с этим можно выделить зоны развития карста: зона аэрации, зона сезонных колебаний уровня, зона глубинной циркуляции.

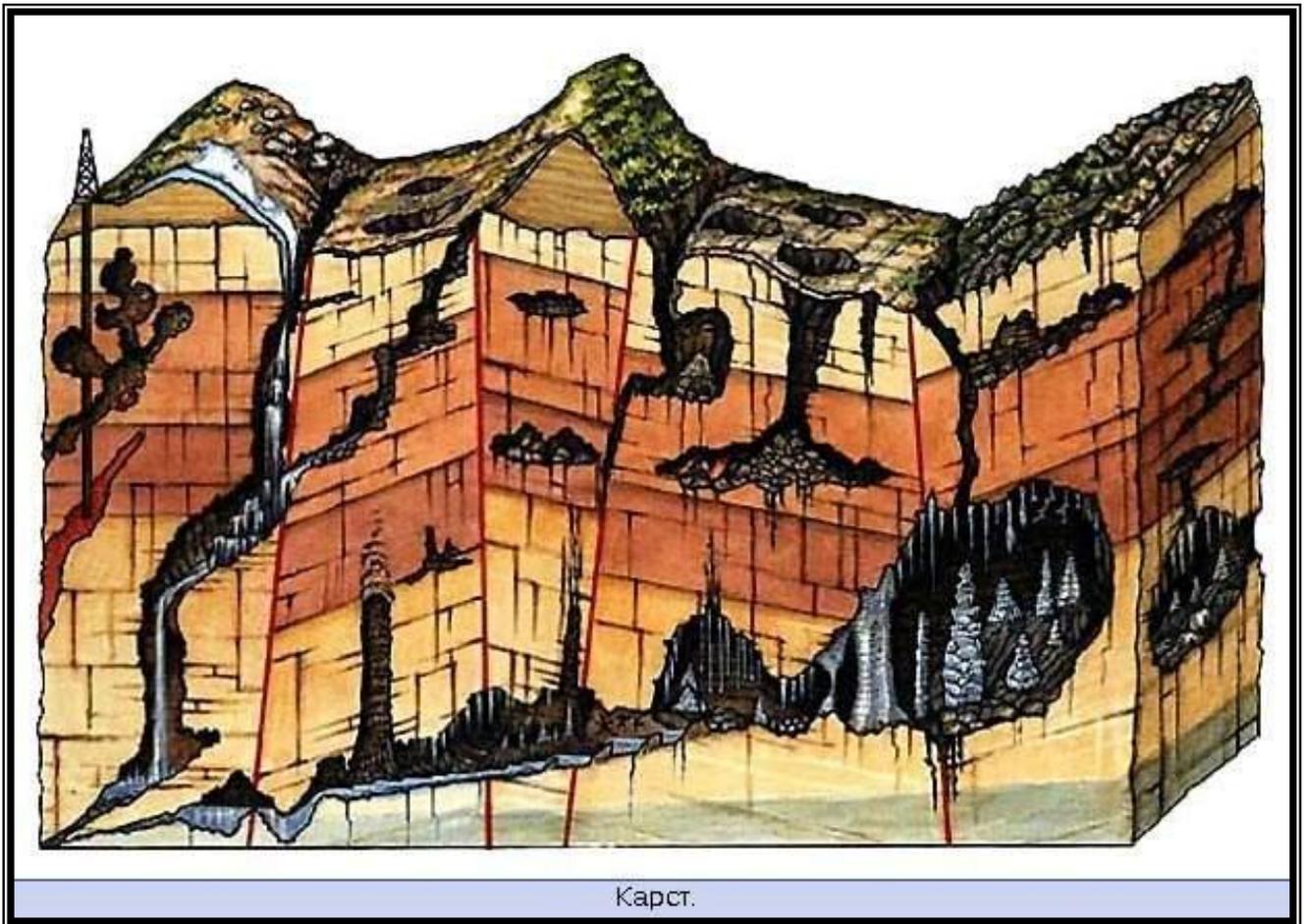
#### *Инженерно-геологическая оценка карста и методы борьбы.*

В качестве методов изучения карста, следует сначала выделить работу по выявлению признаков карста и определению интенсивности развития. Для этого существует классификация территории по устойчивости против карста. Породы считаются неустойчивыми, если образуются 5-10 карстовых воронок на 1 км<sup>2</sup> в год., устойчивыми 1 воронка на 1 км<sup>2</sup>.



Карстовые пещеры.





Карстовый провал.

### *Методы борьбы*

Планировка территории;

Отвод поверхностных вод;

Каптаж или дренаж подземных вод;

Устройство противофильтрационных завес;

Закрепление закарстованных пород методами технической мелиорации.

### **Оползни**

Под оползнем следует понимать перемещение масс горных пород вниз по склону под действием силы тяжести, связанное в ряде случаев с деятельностью поверхностных и подземных вод и носящее характер скольжения или сдвижения пород по склону.

Элементы оползня:

Вао выпора – возвышение, образующееся в основании склона и состоящее из нарушенных и перемятых грунтов.

Тело оползня – вся масса сползающего материала по склону грунта, ограниченная по глубине поверхностью (зеркалом) скольжения.

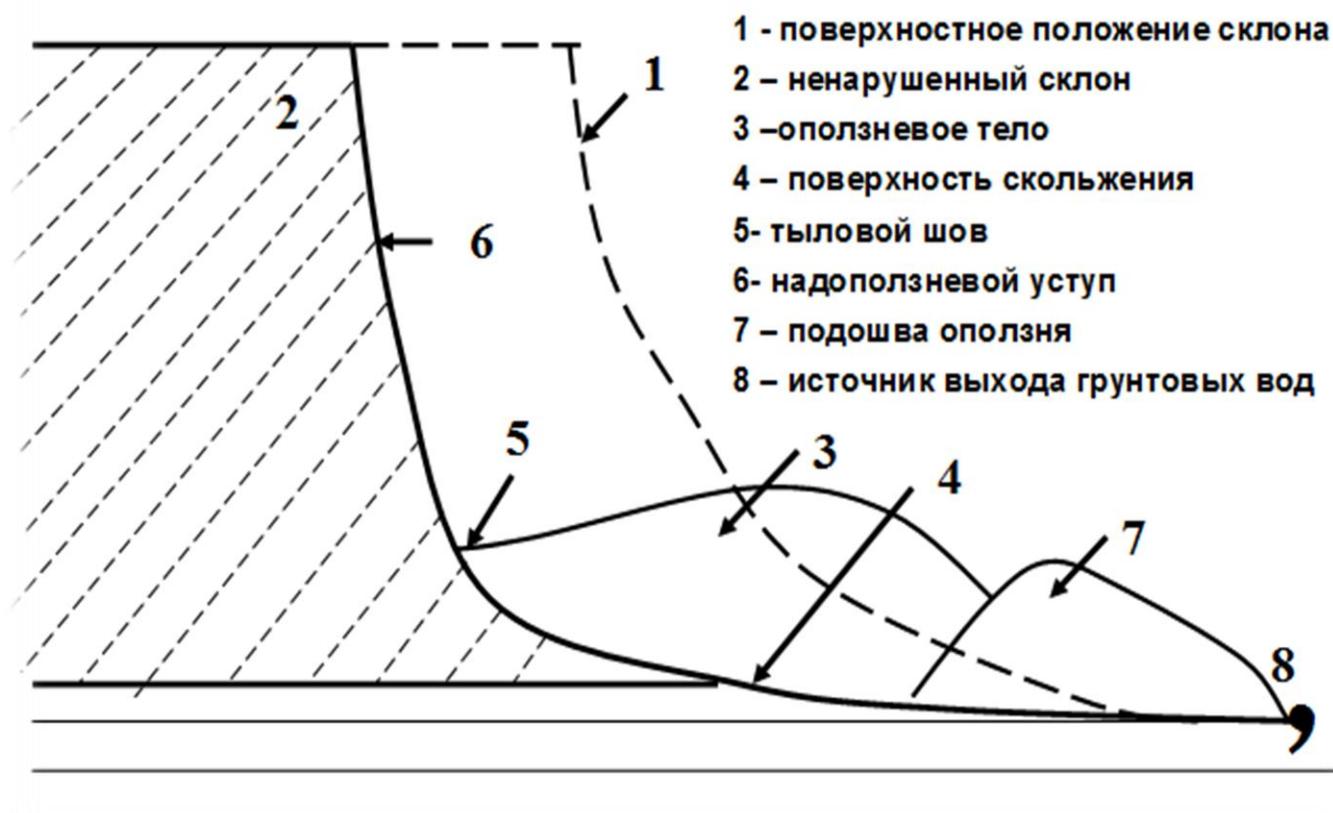
Оползневые террасы – ряд уступов, расположенных один ниже другого и ориентированных параллельно бровке склона.

Стенка срыва – верхняя часть поверхности скольжения, образовавшаяся в результате смещения вниз оползневого тела.

Над оползневой уступ – примыкающая к оползню площадка, расположенная выше бровки склона, не подверженная оползанию.

Поверхность скольжения (зеркало скольжения) – поверхность, по которой происходит смещение оползня.

## схема оползня



### Признаки оползня

Для своевременного прогнозирования оползня, рекомендуется набор следующих признаков, подлежащих анализу:

Оползневые трещины – это система различных трещин, которая формирует со временем поверхность скольжения.

Образование оползневого цирка – определяется многократным нивелированием.

Образование трещин на будущей поверхности скольжения ( выявляется путем бурения).

Наличие валов у подножия оползневого склона.

Наличие оползневых уступов (нивелированием).

Наличие застоя воды, заболоченности участков в пределах оползневого цирка, которая появляется при подвижке склона в результате нарушения гидрогеологии водных грунтов.

Наличие взбугренных участков на склоне, образованных в результате обтекания рыхлыми грунтами пород более твердых участков поверхности скольжения.

Повышение влажности пород и нарушение структуры в зоне поверхности скольжения (определяется геофизическими методами).

Нарушение целостности слоев и изменение элементов их залегания.

Нарушение целостности зданий и сооружений.



## **Классификации оползней**

### **Классификация Саваренского**

Принцип: соотношение положения поверхности скольжения и напластования.

Асеквентный – данный оползень проявляется в однородных породах, когда поверхность скольжения намечается по линии наибольшего ослабления структурных связей между частицами. Чаще всего такой оползень возникает в песчаных грунтах.

Консеквентный – распространен в слоистых массивах, при чем плоскость скольжения параллельна плоскости напластования. Обычно срыв происходит по подошве наиболее ослабленного слоя.

Инсеквентный – наиболее катастрофический по характеру проявления. Здесь устойчивость склона определяется механической прочностью несущего слоя.. Такие оползни характерны для берегов рек и озер.

### **Классификация Родионова**

Принцип: причина, вызывающая смещение оползня зависит от его структуры.

Различают 3 основных типа оползня:

Структурные оползни – это такие, когда смещение происходит в результате изменения структуры горных пород (выветривание).

Консистентные – чаще всего происходят в глинистых породах в результате изменения влажности, а следовательно консистенции г.п.

Суффозионные оползни – происходят чаще всего в песчаных горных породах за счет ослабления структурных связей при интенсивной суффозии.

### **Классификация Попова**

Принцип: по возрасту и по генезису.

Существует 2 группы: современные оползни, древние оползни.

В свою очередь современные оползни по фазе развития подразделяются на движущиеся, приостановившиеся, остановившиеся, закончившиеся.

Древние оползни по фазе развития делятся на древние и погребенные.

### **Классификация Дранникова**

По характеру смещения и глубине захвата.

Поверхностные оползни, охватывающие глубину сезонных изменений: оплывные, солифлюкционные потоки.

Глубинные оползни: ступенчатые, оползни скольжения, оползни выдавливания, суффозионные.

### **Количественные методы оценки устойчивости склона**

Большое значение для прогнозирования имеет расчет устойчивости склона, которая зависит от двух групп факторов.

Стимулирующая возникновение оползня или подвижки (масса, конфигурация, геологическое строение, наличие растительности, механические воздействия, различные геологические процессы такие, как выветривание, изменение рельефа, геотектоника, эрозия, абразия);

К другой группе факторов можно отнести причины, препятствующие возникновению оползней (повышение базиса эрозии, климат, развитие растительности на склоне).

Первая группа факторов определяет повышение прочностных свойств, удерживающих склон.

Вторая группа может быть представлена в виде совокупности факторов, сдвигающих склон. Был предложен коэффициент устойчивости склона, который равен:

$$K_y = \frac{N \sum C_i + \sum \text{tg} \varphi_i}{\sum P_i + \sum M_i}$$

Где знаки суммы показывают совокупность данных характеристик, взятых по отдельным блокам оползня:

$C_i$  – коэффициент сцепления

$\text{tg} \varphi_i$  – угол внутреннего трения.

$P_i$  – масса данного блока, которая способствует сползанию.

$M_i$  – это совокупность

По этой формуле видно, что если  $K_u > 1$ , то склон устойчив, если  $K_u < 1$ , то происходит оползень. и если  $K_u = 1$ , то склон находится в неустойчивом состоянии.

По данной формуле при режимных работах проводят наблюдения за всеми параметрами, по результатам которых строят графики зависимости  $K_u = f(t)$

Возможны следующие ситуации:

График снижается, приближаясь к линии  $K_u < 1$ , что говорит о снижении устойчивости склона (ситуация требует срочного вмешательства).

Положение склона достаточно надёжное, устойчивое, в этом случае возможны ограничения различного рода на склонах (строительство, водопотребление, динамические нагрузки) в зависимости от близости графика  $K_u = 1$ .

Говорит об увеличении устойчивости склона, что определяется природными факторами и фазой развития склона.

### **Методы изучения оползня**

Расчетный метод основан на определении  $K_u$ , расчете поверхности скольжения.

Метод моделирования, основан на изготовлении моделей склона и искусственном увеличении сил, снижающих устойчивость склона.

Метод аналогии – здесь устанавливается тождественность геологического, геоморфологического строения данного склона со склоном,  $K_u$  которого уже длительное время изучается.

Метод историко-геологический – данный метод предполагает сравнение геологических условий оползня в настоящее время и в прошлом и оценка в связи с этим фазы развития оползня.

Методы учетов – предполагает учет балансов всех земных масс и влияние факторов, изменяющих устойчивость склона.

### **Динамика оползневого процесса**

Оползень, как показывает опыт, проходит три стадии развития:

Подготовительная – заключается в том, что различные факторы. На этой стадии основная задача геологов заключается в оценке  $K_u$  склона, косвенного изучения намечающейся поверхности скольжения, анализ оползней, развивающихся в данной фазе в прошлое время.

Смещение земляных валов – это еще не оползень, но под влиянием факторов, снижающих устойчивость склона, начинают проявляться отдельные подвижки частей и массива в целом.

Собственно оползневой процесс – характеризуется моментом, когда  $K_y < 1$ . Задача геологов – изучение механизма смещения, создание легенды процессов для архива.

### **Методы изучения оползневых процессов**

Изучение архивных материалов по району.

Сбор метеорологических, климатических данных, изучение гидрогеологических условий.

Проведение инженерно-геологической съемки масштаба: по району – 1:50 000, по участку – 1:2 000 и крупнее. В том числе:

Горно-буровые работы.

Гидрометрические работы.

Лабораторное определение показателей.

Полевые опытные работы.

Стационарные наблюдения.

Геофизические работы.

### **Методы борьбы с оползнями**

Все методы борьбы можно разделить по следующим направлениям:

Разработка мероприятий, которые приводят к нейтрализации или уменьшению деятельности, снижающих устойчивость склона.

Разработка мероприятий, повышающих устойчивость склона.

Мероприятий, направленные на уменьшение амплитуды колебания устойчивости склона.

К первой группе мероприятий можно отнести следующие:

борьба с переработкой берегов рек и озер;

искусственный или естественный дренаж, предотвращающий доступ п.в. к поверхности скольжения;

запрещение строительства сооружений в пределах оползневого склона, строительство сооружений, имеющих создающих динамические нагрузки вблизи склона.

Ко второй группе мероприятий можно отнести:

искусственной закрепление склона забивными сваями;

устройство подпорных стенок, сооружение дренажных систем и пр. мероприятия, снижающие водопритоки к оползневым районам.

К третьей группе методов можно отнести профилактические мероприятия:

запрещение в пределах оползневого района буро-взрывных работ и геологической проходки.

Запрещение строительства сооружений с динамическими нагрузками.

## Обвалы, камнепады, осыпи

*Обвалы* – это внезапное обрушение больших массивов пород с горных склонов, сопровождающееся опрокидыванием и дроблением. Они возникают в результате ослабления внутренних связей вследствие выветривания и увлажнения пород.

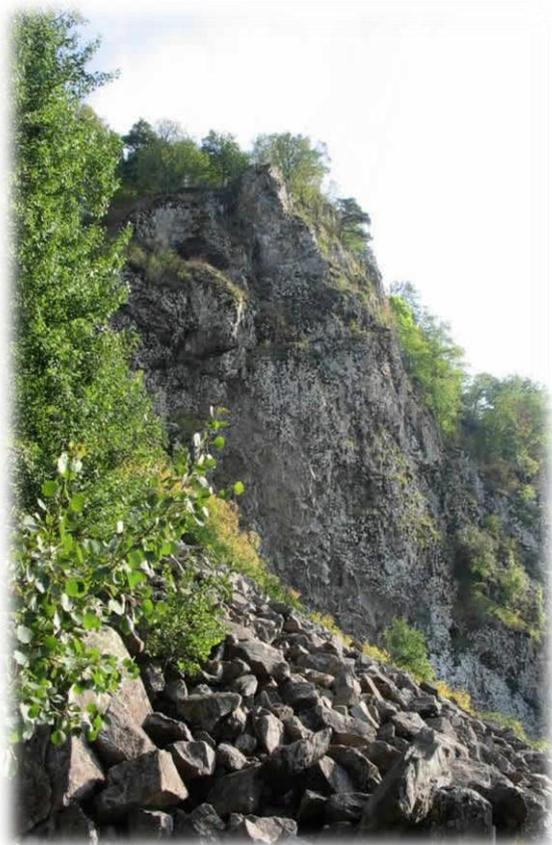
По составу обрушившихся пород обвалы делятся на каменные, земляные и мешанные.

*Камнепады* – или вывалами называют падение со склонов отдельных камней или глыб. Причиной камнепадов, чаще всего, являются атмосферные осадки, приводящие к увеличению силы тяжести на склоне и уменьшению силы трения и сцепления.

*Осыпями* – называется скопление глыбового или обломочного материала на склоне и у его основания.

Угол, образуемый осыпью с горизонтальной плоскостью, называется углом естественного откоса и зависит от крупности и степени окатанности частиц: чем крупнее обломки и чем больше их угловатость, тем круче угол осыпи и наоборот. В зависимости от этих условий осыпи делятся на действующие затухающие и неподвижные.

Курумами – называют осыпи, состоящие из крупнообломочного материала, располагающегося в большинстве случаев у подножия склона в виде шлейфа и имеющие очень пологие поверхности.



## **Методы борьбы с обвалами и осыпями**

Обвалы, камнепады, осыпи представляют собой большую угрозу для существования различных сооружений в горах и предгорьях. Во всех случаях методы борьбы разделяются на:

Профилактические, направленные на предупреждение явления или приостановление его развития в начальной стадии.

Инженерные, направленные на устранения действия процесса или снижение его интенсивности.

В местах развития мощных, постоянно действующих каменных осыпей устраивают защитные железобетонные галереи или даже тоннели. Остановить движение курумов гораздо сложнее и здесь основной метод борьбы сводится к осушению глинистой подстилки, на которой они находятся. В скальных породах применяется тампонаж цементация трещиноватых пород.

### **Контрольные вопросы:**

Дайте общую инженерно-геологическую оценку склоновых процессов.

Что такое оползень? Перечислите элементы оползня.

Назовите определяющий и сопутствующий факторы, обуславливающие возникновение оползней.

Назовите природные условия, сопутствующие активному развитию оползней различных типов?

По каким признакам можно выделить оползни различных типов?

Как оценивается степень устойчивости склона? Какие вы знаете методы расчета устойчивости?

Расскажите о мероприятиях по борьбе с оползнями.

Что называется обвалом горных пород? Приведите классификацию обвалов.

Что такое осыпи и на какие типы их разделяют?

Что такое курумы и чем объясняется их подвижность?

Перечислите профилактические мероприятия по борьбе со склоновыми процессами.

## **Процессы, связанные с промерзанием и оттаивание пород (мерзлотные процессы)**

### **Строение толщи мерзлых пород**

Горные породы, имеющие отрицательную температуру и содержащие в своем составе лед, называются мерзлыми.

К *сезонно-мерзлым* – относятся такие породы, которые летом оттаивают, а зимой промерзают.

*Многолетнемерзлыми* породами называют такие породы, которые в течение сотен и тысяч лет сохраняют мерзлое состояние. Зона развития многолетнемерзлых пород называется *криолитозоной*.

По вертикали криолитозона делится на две части:

Верхнюю – деятельный слой или слой сезонного промерзания и оттаивания.

Нижнюю – собственно мерзлые грунты, горные породы, температура которых никогда не бывает положительной.

В геологическом разрезе различают два типа мерзлоты – сливающуюся и неслипающуюся.

Сливающаяся мерзлота – это такое строение геологического разреза, когда деятельный слой при замерзании непосредственно переходит в многолетнюю мерзлоту.

Не сливающаяся мерзлота – это такое строение геологического разреза, когда между промерзшими деятельным слоем и мерзлыми грунтами остается слой талого грунта, т.е. слой протаивания оказался больше слоя промерзания.

### **Геологические явления криолитозоны**

*Морозное пучение* – это увеличение объема водонасыщенных грунтов в результате расширения воды в порах при замерзании.

Морозное пучение проявляется в виде пучин – поднятий поверхности земли высотой 0,2-0,5 м удлиненной формы в виде бугров пучения, которые образуются вследствие поднятия пород деятельного слоя нижележащей массой льда, непрерывно увеличивающейся в объеме в результате подпитывания под мерзлотными водами.

Термокарст – явление проседания и последующего образования провалов, блюдцев, воронок на поверхности многолетнемерзлых пород при оттаивании и скоплении льда в весенний период.

Наледи – наледи отличаются от бугров пучения тем, что они представляют собой плащеобразное потокообразное скопление льда на поверхности земли, образовавшееся в результате разлива и замерзания речных или подземных вод.

Солифлюкция – так называют движение со склонов рыхлых водонасыщенных отложений под действием силы тяжести в результате оттаивания многолетнемерзлых пород.

## Мероприятия по борьбе с мерзлотными явлениями и процессами

Строительство сооружений без учета мерзлотного состояния грунта. Это касается скальных и полускальных мерзлых грунтов и других пород, не дающих после оттаивания значительных просадок.

Строительство сооружений с соблюдением условий сохранения термического режима на протяжении всего периода их эксплуатации. Этот вариант применим в случае высокой льдистости грунтов, грозящей при поступлении тепла от сооружения недопустимыми деформациями основания.

Строительство сооружений, допускающих значительные деформации основания, в условиях оттаивания грунтов (грубообломочные льдистые отложения, в которых исключается выпор грунтов основания).

Строительство с предварительным оттаиванием грунтов и применением различных способов их уплотнения и улучшения.

### Контрольные вопросы:

Охарактеризуйте распространение многолетнемерзлых пород.

Дайте описание криолитозоны и типов мерзлоты.

На какие виды подразделяются многолетнемерзлые породы?

Дайте характеристику криогенных и посткриогенных процессов и объясните разницу между ними.

Перечислите мероприятия, применяемые для борьбы с криогенными и посткриогенными явлениями.

## Процессы, связанные с сейсмичностью

Под землетрясением обычно понимают интенсивные колебания земной поверхности, вызванные сильными подземными толчками, возникающими в результате высвобождения громадного количества внутренней энергии Земли.

Точка, в которой возникает сейсмический толчок, лежащая на некоторой глубине от поверхности, носит название гипоцентра. Проекция гипоцентра на дневную поверхность называется эпицентром.

По происхождению различают пять типов землетрясений:

*Тетанические*, вызванные тектоническими движениями земной коры и составляющие подавляющее большинство землетрясений. Они характеризуются широким площадным распространением высоко бальностью.

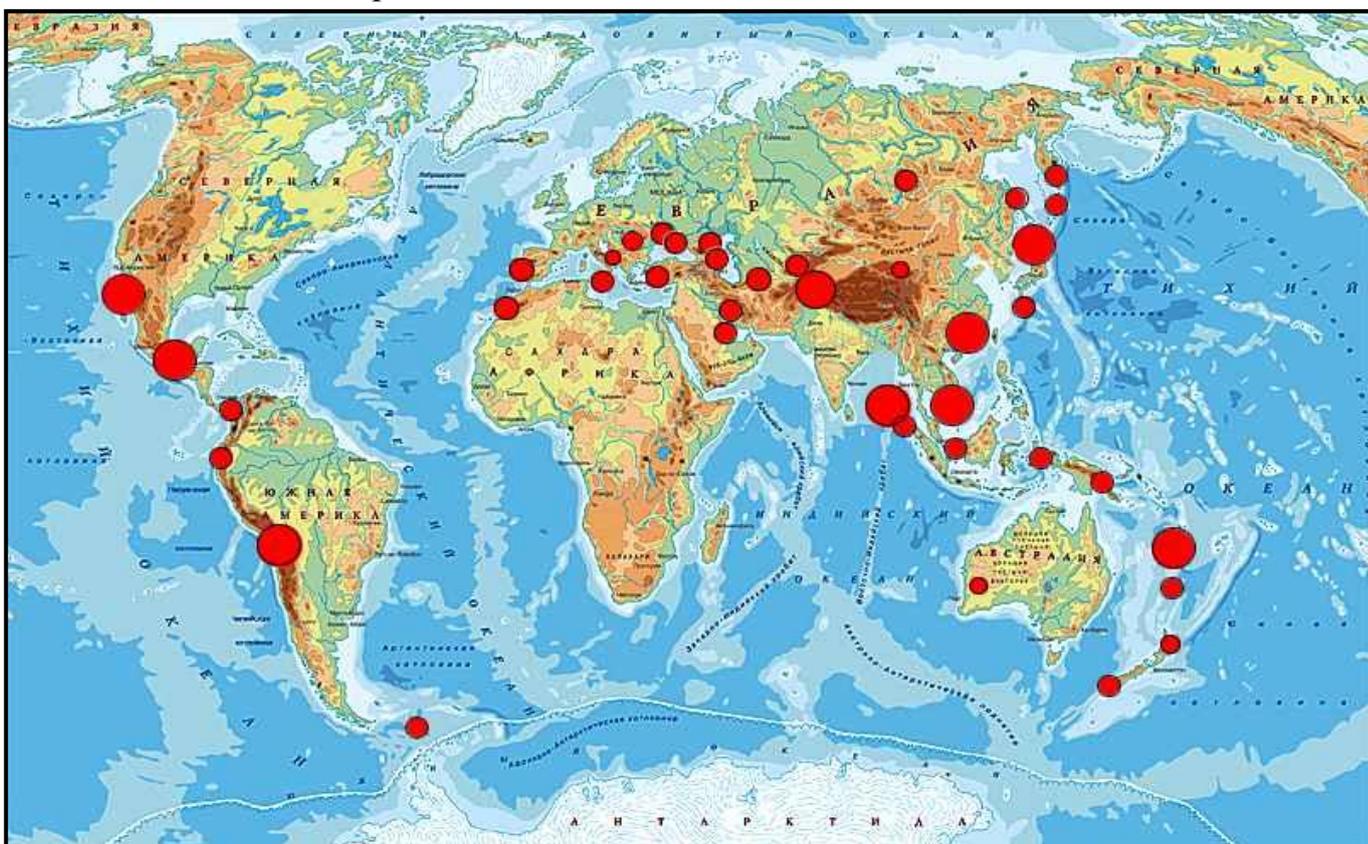
*Вулканические*, связанные с извержением вулканов. Имеют локальное распространение, но могут обладать большой силой.

*Денудационные (обвальные, провальные),* порождаемые падением больших массивов горных пород со склонов или провалами в процессе карстообразования. Имеют также локальный характер и сравнительно высокую бальность.

*Техногенные,* возникающие в результате взрывов, проводимых в инженерных и строительных целях.

*Морские (моретрясения или цунами),* связанные с поднятием морского дна и возникновением в результате этого разрушительной морской волны.

Интенсивность землетрясения зависит от состава и состояния пород среды, в которой распространяются сейсмические волны, глубины залегания уровня подземных вод, тектонических нарушений, характера рельефа и глубины залегания очага землетрясения.



### **Принципы антисейсмического строительства**

При проектировании зданий и сооружений в сейсмических районах следует учитывать интенсивность и повторяемость сейсмического воздействия. Для этого составлены карты сейсмического районирования, которые дают представление о зонах возникновения очагов землетрясений и их интенсивности.

Разрушение сооружения начинается в зависимости от его расстояния от эпицентра землетрясения либо в результате вертикального толчка, либо под действием горизонтальной сдвигающей составляющей поверхностной волны.

Непосредственной причиной разрушения конструкции является инерционная сила, возникающая в результате сейсмического толчка в массе сооружения.

В случае совпадения периода колебания основания с собственным колебанием сооружения величина инерционных сил может увеличиваться в несколько раз по

сравнению с расчетной. Поэтому при выборе места будущего сооружения нужно, чтобы период собственных колебаний сооружений резко отличался от периода колебаний основания.

Основные принципы изысканий и строительства в сейсмически активных районах сводится к следующему:

Проведение сейсмического микрорайонирования для уточнения приращения бальности и производство расчетов сооружения с учетом сейсмических сил.

При выборе оптимальных условий для размещения будущих сооружений необходимо избегать участков, сложенных рыхлыми, обводненными или водонасыщенными грунтами.

Сооружения не следуют размещать на участке резко пересеченного рельефа и в районах развития склоновых или карстовых процессов.

### **Контрольные вопросы:**

Что понимают под землетрясением и каковы причины этого явления?

Какими видами волн передаются колебательные движения при землетрясении?

Какие типы землетрясений вы знаете?

Каким образом можно оценить силу землетрясения?

Какие природные факторы влияют на интенсивность землетрясения? Что такое предвестники землетрясения и к чему сводится прогнозирование землетрясений

В чем заключаются принципы антисейсмического районирования

## **Процессы, связанные с инженерной деятельностью человека**

### **Процессы, обусловленные статическими нагрузками от инженерно-геологических сооружений и застроенных площадей.**

Определяющим фактором этого процесса является давление от веса здания и сооружения, передающегося на грунты основания. Процесс осадки от сооружений наблюдается также на насыпных и намывных грунтах, недостаточно «слежавшихся» после укладки основания.

### **Деформация грунта основания в результате уплотнения нагрузкой от сооружений.**

Такая деформация носит название осадки и выражается в изменении отметок поверхности земли под сооружением или в изменении мощность активной зоны.

*Допустимой* называется такая осадка сооружения, которая не приводит к нарушениям его работы.

### **Процессы, вызванные динамическими нагрузками и взрывами.**

Динамические нагрузки возникают при работе различных механизмов, в местах постоянного движения транспорта, а также при добыче полезных ископаемых. В

скальных породах динамические нагрузки ведут к раскрытию трещин и обвально-осыпным явлениям.

### **Процессы, возникающие при подземном способе разработки полезных ископаемых.**

Разработка твердых п.и. подземным способом, с образованием больших по объему полостей, ведет к возникновению в этих полостях горного давления, что приводит к сдвигению горных пород в сторону выработки. Сдвигение начинает развиваться от выработки и имеет следующие зоны:

Обрушения – ближайшая к выработанному пространству, где порода характеризуется полной потерей сил внутренних связей;

Трещиноватости – характеризуется разрывом сплошности пород с образованием трещин от нескольких миллиметров до метров;

Плавных сдвижений – зона перемещений и деформаций, не сопровождающихся нарушением сплошности.

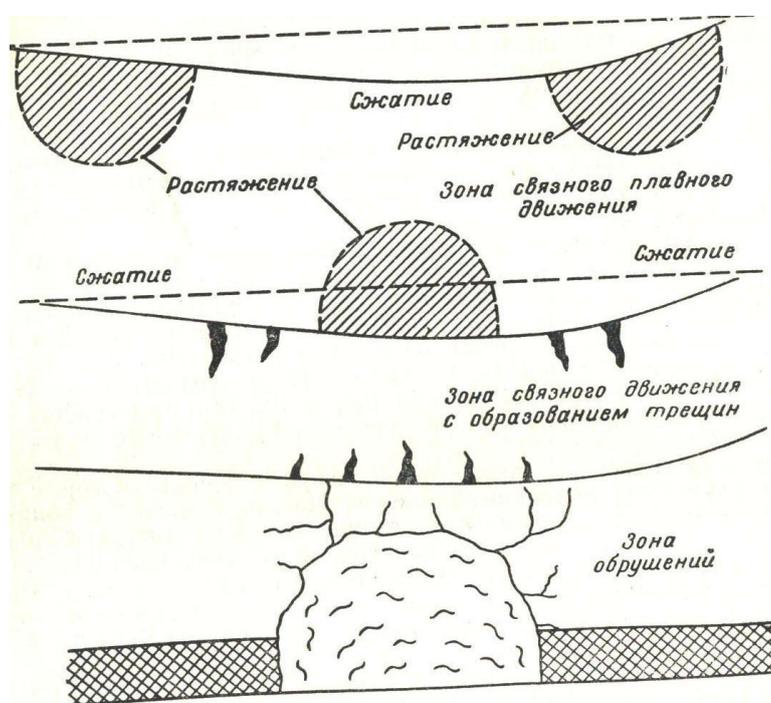
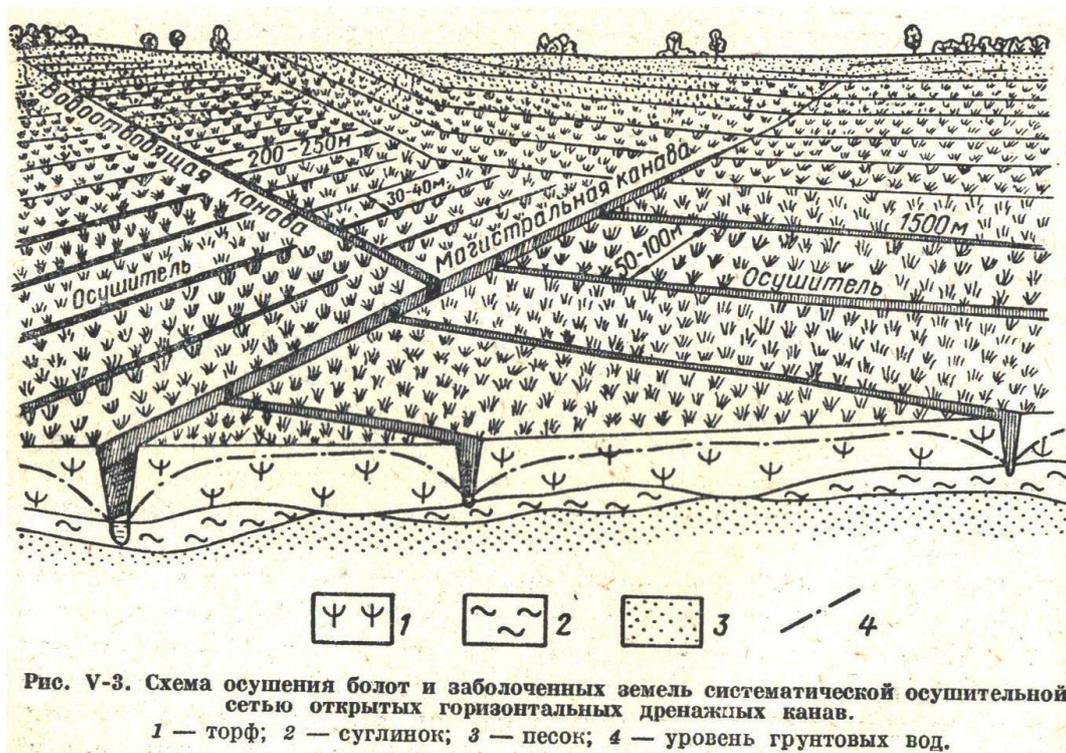


Рис. 81. Зоны сдвижения пород над выработанным пространством (по С. Г. Авершину)

### **Процессы, возникающие при осуществлении водохозяйственных мероприятий.**

Длительное увлажнение поверхностного слоя грунтов путем систематических поливов и транспортировки воды по каналам оросительной сети приводит к нарушению сложившихся гидрогеологических условий территории: повышению уровня грунтовых вод, изменению их химсостава, засолению поверхностных горизонтов.



### Процессы, обусловленные созданием больших водохранилищ в долинах рек.

Строительство крупных гидроузлов в долинах рек вызывает активизацию экзогенных и эндогенных процессов в окружающей геологической среде. Активизация первых приводит к переработке берегов водохранилища, эрозии, оползням, обвалам, а также к суффозии, карсту и просадкам, обусловленным подпором грунтовых вод, активизация вторых – к сейсмической деятельности, выражающейся в появлении вначале слабых, а с течением времени усиливающихся локальных землетрясений.

Появление сейсмических толчков в сейсмически малоактивных районах или резкое оживление сейсмической деятельности в связи с постройкой и заполнением водохранилищ.

Дополнительная нагрузка от воды при заполнении водохранилища способствует опусканию его ложа, влияет на изменение порового давления в пластах и приводит к высвобождению сейсмической энергии, что вызывает землетрясение.

### Контрольные вопросы:

Какие процессы и явления и явления называются инженерно-геологическими и чем оно отличаются от естественных геологических процессов?

Что такое осадка грунтов основания и чем она обусловлена? Чем отличается осадка от просадки?

В результате чего может возникнуть выпор грунтов из-под сооружения?

### ТЕМА № 12 Гидрогеологические исследования

Все геологоразведочные работы ведутся стадийно:

*I стадия* – гидрогеологические поиски. Задача – изучение нескольких водоносных горизонтов с целью выбора наилучшего. На этой стадии бурят глубокие картировочные скважины для вскрытия и опробывания всех встречающихся горизонтов, оценки гидродинамических параметров и оценки эксплуатационных запасов по категории С-2 (по расчетной производительности условных обозначений, обобщенных водозаборов и по аналогии).

*II стадия* – предварительная разведка. Задача – изучает выбранный участок (горизонт, его условия питания, разгрузки, количества подземных вод). Здесь ведется целенаправленное бурение на изучаемый водоносный горизонт. Большое количество опытных работ / откачек для определения гидродинамических параметров и оценки эксплуатационных запасов по категории С-1 (по фактическому дебиту выработок).

I и II стадии – прох.съемкой по профилям.

*III стадия* – детальная разведка. Задача направлена на изучение гидрогеологических условий на месте будущего водозабора. *Водозабор* – это группа скважин, взаимодействующих друг с другом, производящих системный забор воды из водоносного горизонта в течение 30 лет. Задача: обосновывать стабильную работу водозабора с заявленной потребностью в течение амортизационного срока.

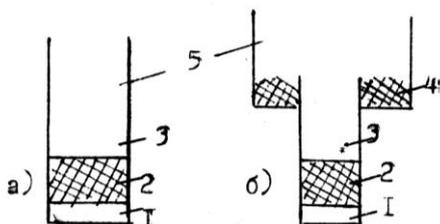
Оценка эксплуатационных запасов по категории Б (подсчит.на разведанных месторождениях применительно к намеченной схеме водозабора) по его расчетной производительности.

#### ***Опытные работы при гидрогеологических исследованиях.***

В зоне насыщения (откачки), в зоне аэрации (наливе), для проведения откачки необходимо выбирать водоподъемник и составить конструкцию скважины.

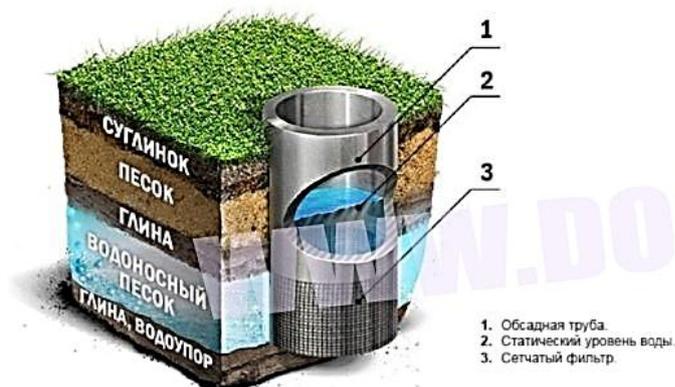
- 1) водоподъемная труба
- 2) фильтр
- 3) дополнительное устройство тампонирования системы от водоносного горизонта.

Фильтр состоит из:

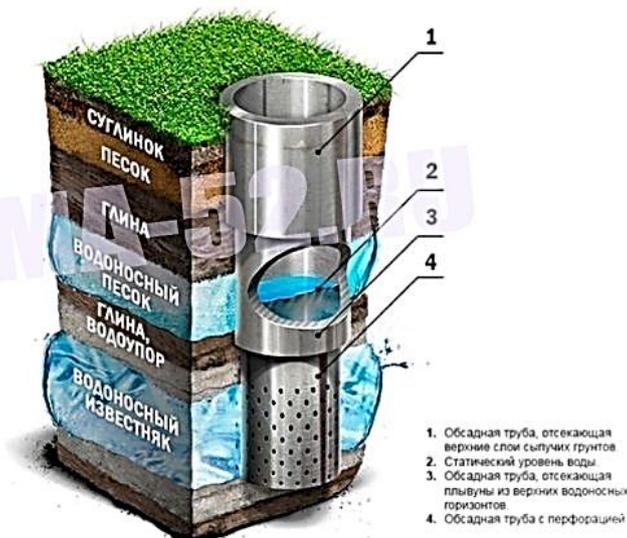


- 1) отстойник
- 2) фильтрующий элемент
- 3) надфильтровая часть

### Конструкция песчаной скважины



### Конструкция артезианской скважины

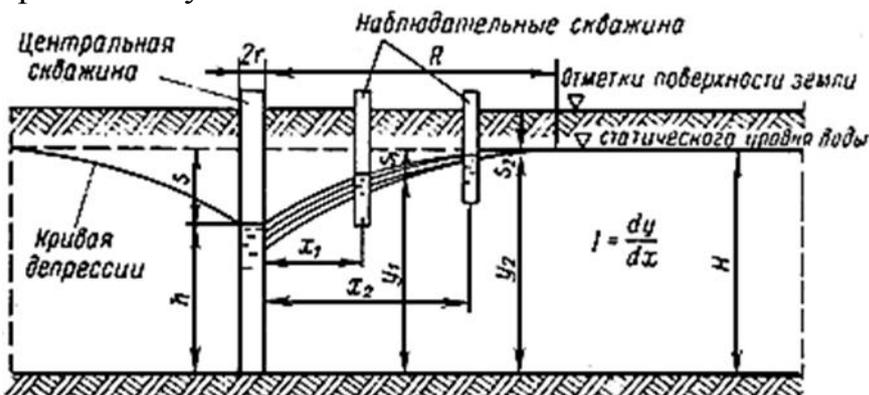


### Выделяют следующие типы откачек:

- 1) прокачка скважины для очистки от шлама после бурения (7-8 ч., 1 бригадо-смены)
- 2) пробная откачка для опробывания водоносного горизонта (24 ч., 3 бригадо-смены)
- 3) опытная откачка для определения гидрогеологических параметров (240 часов) на детальной стадии.

а. *Опытная, одиночная откачка* – предназначена для определения гидродинамических параметров оценки запасов подземных вод, определения качества подземных вод. Продолжительность 10-15 бригадо-смен. Применяются на различных стадиях разведки.

б. *Опытная, кустовая откачка* – проводится для изучения граничных условий места. Более точного определения параметров. Кустовая откачка заключается в том, что отбор проб воды производится из одной скважины, которая называется центральной, а наблюдения за уровнем производится по нескольким скважинам, которые называются наблюдательными и располагаются на лучах относительно центральной. Данная откачка позволяет проследить изменения в плане, а следовательно оценить граничные условия в плане.



в. *Опытнo-эксплуатациoнная откачка* – проводится на всех скважинах водозабора с целью оценки эксплуатации запасов гидравлическим способом на местах со сложным условием. Таким образом, указанные виды откачек в основном проводятся для определения гидрогеологических параметров.

При проведении откачки воды из скважины, необходимо соблюдать следующие условия:

1. Расход (дебит)  $Q$  скважины должен быть все время постоянным, близким к потребности.

2. Понижение  $S$  должно быть также постоянным и максимально возможным в случае, когда понижений несколько и начинать надо с большего.

3. Фильтр скважины осушаться не должен.

4. Опыт должен проводиться непрерывно и достаточно долго, чтобы получить установившейся режим фильтрации, для которого созданы законы динамики.

5. Продолжительность откачки должна быть достаточно для формирования стационарного режима фильтрации. Таким режимом считается режим, при котором через любое сечение в течение всей откачки проходит одинаковое количество жидкости. В реальности такой ситуации не бывает в виду неоднородности природных условий, но режим становится все ближе стационарному, чем дольше продолжительность откачки. Такой режим называется квазиустановившемся.

#### ***Методы оценки эксплуатационных запасов:***

1) Гидродинамический – основан на вычислении допустимого понижения в скважине водозабора, который работает в наихудших условиях. Также учитывается влияние границ I и II рода.

В случае, если  $S_{доп} \geq (0,5-0,6)H$  мощности, запасы считаются обеспеченными. Способ применим при простых гидрогеологических условиях.

2) Гидравлический – применяется в сложных гидрогеологических условиях и заключается в экспериментально-практическом применении, опытнo-эксплуатациoнной откачки. Т.к. расчетные зависимости в условиях трещинных и карстовых вод малоэффективны.

3) Балансовый – под балансом подземных вод понимается подвижное равенство приходной и расходной статей водного потока.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Оценка запасов подземных вод при гидрогеологических исследованиях.
2. Стадийность гидрогеологических исследований.
3. Опытные работы при гидрогеологических исследованиях.
4. методы оценки при эксплуатационных запасах подземных вод.

#### **ТЕМА № 13: Инженерно-геологические исследования.**

Выделяют следующие виды этапов инженерно-геологических работ:

- 1) работы по изучению района
- 2) работы на перспективном участке (варианты)

- 3) работы на выбранном (лучшем) участке
- 4) работы в пределах фундамента будущего сооружения
- 5) работы в период строительства и эксплуатации сооружений

**Таблица соотношений стадий проектирования и этапов проектируемых работ**

<i>Этапы проектирования</i>	<i>Цели проектируемых работ</i>	<i>Этапы выполнения работ</i>	<i>Циклы</i>	
1. Внестадийное проектирование (предпроектные работы)	Ознакомление с районом предполагаемого строительства	1. Анализ, сбор, систематизация фондовых материалов, литературных и др. источников. 2. Рекогносцировочное обследование участков А) в сложных условиях, если данных ТЭО (техико-экономич. обоснование) не достаточно, пров. мелкомасштабная съемка	Инженерно-геологический поиск	Инженерно-геологическое опробование
2. Основные стадии А) проект	Изучение перспективного участка для выбора пятна под фундаментом	3. проводится крупномасштабная геологическая съемка		
Б) рабочая документация	Обоснование критериев устойчивости	4. проходятся разведочные выработки по контуру фундамента (ГИС), пров. опытные и режимные работы  5. проходные контрольные выработки с контрольным отбором проб, геодезические наблюдения за осадкой фундамента	Инженерно-геологическая разведка	
3. Внестадийное проектирование (после проектных работ)	Проверка прогнозов, авторский надзор			

## Особенности инженерно-геологических изысканий и полевых работ.

Инженерно-геологические изыскания подразделяются по видам строительства:

- 1) для гидротехнического строительства
- 2) для линейного строительства
- 3) для промышленного и гражданского строительства
- 4) для аэродромного строительства

В состав инженерно-геологической съемки входит следующий стандартный набор работ:

- 1) аэрофото и космические методы (применяются при мелкомасштабных съемках для изучения геоморфологических структур)
- 2) наземная съемка или маршрут (для корректировки местоположения скважин и других проектных работ для изучения поверхности и 1 от поверхности слоя)
- 3) геофизические работы: электроразведка, сейсморазведка, каротаж для изучения условий залегания, литологии, физико-механических свойств
- 4) горно-буровые работы (для вскрытия разреза с целью отбора проб и проведения опытных работ)
- 5) опробование (для отбора проб нарушенной структуры и монолитов с целью определения показателей физико-механических свойств)
- 6) опытные работы (для получения в полевых условиях прямых расчетных показателей)
- 7) режимные (стационарные) – для наблюдения за естественными характеристиками природной обстановки с целью выявления их влияния на проектируемые объекты
- 8) лабораторные работы (для получения физико-механических свойств в лабораторных условиях)
- 9) топогеодезические и камеральные.

### **Контрольные вопросы:**

1. Стадии и этапы инженерно-геологических исследований.
2. особенности инженерно-геологических изысканий и полевых работ.

## **ТЕМА № 14 Охрана окружающей среды.**

*Неочищенные производственные ливневые и бытовые стоки* – это многокомпонентные системы, содержащие мусор, химические загрязнители, патогенные организмы и т.д.

Различают следующие методы очистки:

1. Механические методы – предназначены для отделения в начале крупных загрязнений с помощью решеток и сит, а затем тяжелых взвесей с помощью песколовков. В заключение воду пропускают через отстойники, где осядет тонкодисперсные части.

2. Биохимические – основаны на способности микроорганизмов использовать растворенные и коллоидные загрязнители в качестве источников питания (активный ил).

3. Химический метод – применяется для удаления растворимых примесей с помощью различных реагентов вступающих в химическую реакцию с вредными примесями, в результате чего образуются малотоксичные вещества.

4. Физико-химические методы :

а) флотация – одсорбирование легких грубо -дисперсных частиц мелкими пузырьками воздуха и поднятие их на поверхность, где образуется слой пены.

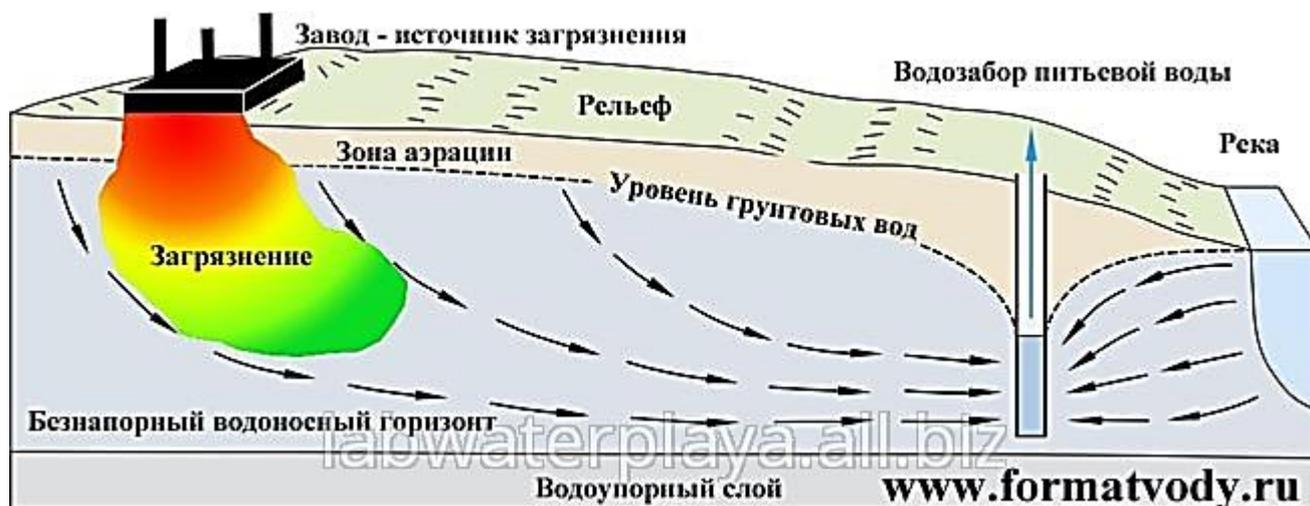
б) Ионообменная сорбция – это процесс обмена между ионами, находящиеся в сточной воде и присутствующими на поверхности твердой фазы.

в) Дезодорация – это удаление веществ органического происхождения, обладающего токсичным действием, либо запахом.

#### Зоны санитарной защиты.

На всех водозаборах постпитьевого водоснабжения должны предусматриваться ЗСО (зоны санитарной охраны), состоящие из 3 поясов:

- 1) 1 пояс ЗСО – зона строгих ограничений, включает в себя S на которой расположены все основные производственные сооружения, связанные с подъемом, очисткой, распределением воды. Граница пояса – 50 м от последней ск-ны водозабора (для отбора и транспортировании  $H_2O$  без других жилых и прочих объектов огорожена колючей проволокой и охраной).
- 2) 2 пояс ЗСО – прилегает к первому и охватывает такую территорию, кот. позволит предотвратить возможность заг-ния той части водоносного пласта, который будет обеспечивать водозабор водой соответствующего качества в течение расчетного срока эксплуатации (30 лет). Размер этого пояса определяется расчетным временем передвижения загрязненных вод, достаточным для утраты жизнеспособности патогенных микроорганизмов.
- 3) При возможности химического загрязнения создается 3 пояс ЗСО.





### Контрольные вопросы:

1. Виды загрязнений окружающей среды.
2. Зоны санитарной охраны (три пояса ЗСО).
3. Промышленные стоки и методы их очистки.

### Используемая литература

#### ОСНОВНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Камзист Ж.С., Коротких И.В., Фролов А.Ф. Основы гидрогеологии и инженерной геологии. М., Недра, 1988.
2. Скабалланович И.А., Седенко М.В. Гидрогеология, инженерная геология и осушение месторождений. М. • Недра. 1980.

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

3. Седенко М.В. Основы гидрогеологии и инженерной геологии. М.. Недра. 1979.
4. Климентов П.П. Общая гидрогеология. М. • Высшая школа. 1980.
5. Коротких И.В., Фролов А.Ф. Инженерная геология. М.. Недра, 1983.
6. Гордеев П.В., Шемелина В.А., Шулякова О.К. Руководство к практическим занятиям по гидрогеологии. М.. Недра. 1981.
7. Гавич И.К. Практикум по гидрогеологии. М.. Недра» 1995.

