

ОСНОВЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ

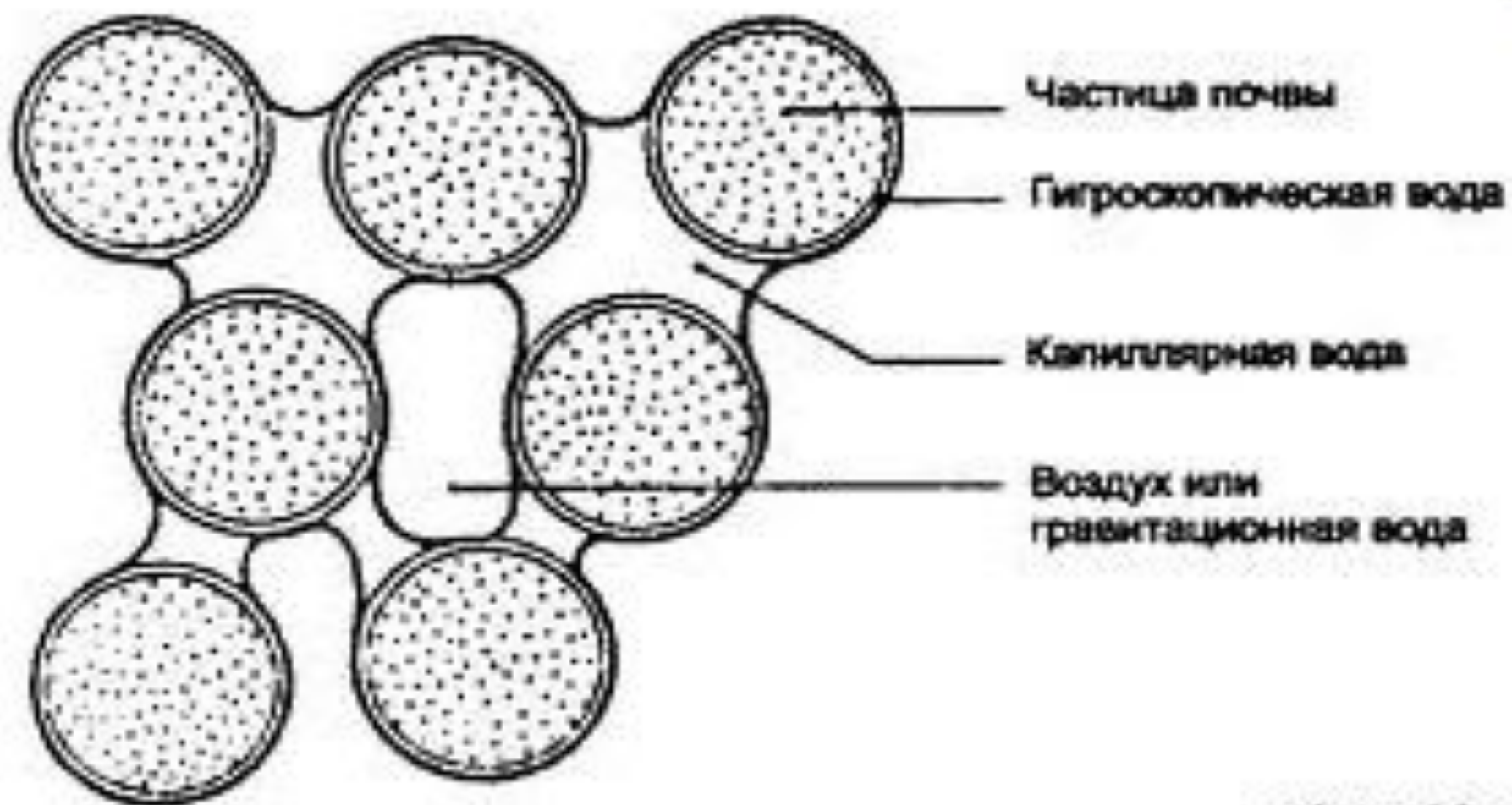
Раздел гидрогеологии, изучающий закономерности движения подземных вод, называется **динамикой подземных вод**.

Подземные воды - воды, находящиеся в толщах горных пород верхней части земной коры в жидком, твёрдом и парообразном состоянии.

Вода в грунтах:

- парообразная;
- связанная — прочносвязанная (гигроскопическая, пленочная), рыхлосвязанная;
- свободная — капиллярная, гравитационная
- в твердом состоянии (лед);
- кристаллизационная и химически связанная.

Подземные воды, перемещающиеся под влиянием силы тяжести, называются **гравитационными**, или **свободными**, в отличие от вод, связанных, удерживаемых молекулярными силами, — **гигроскопических**, **плёночных**, **капиллярных** и **кристаллизационных**.



Частица почвы

Гигроскопическая вода

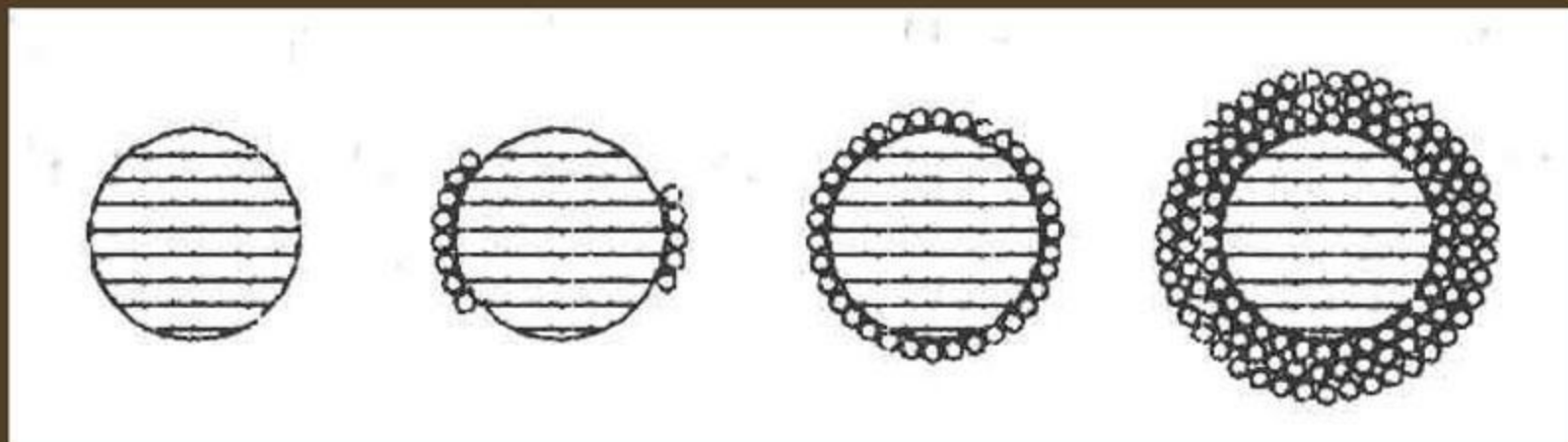
Капиллярная вода

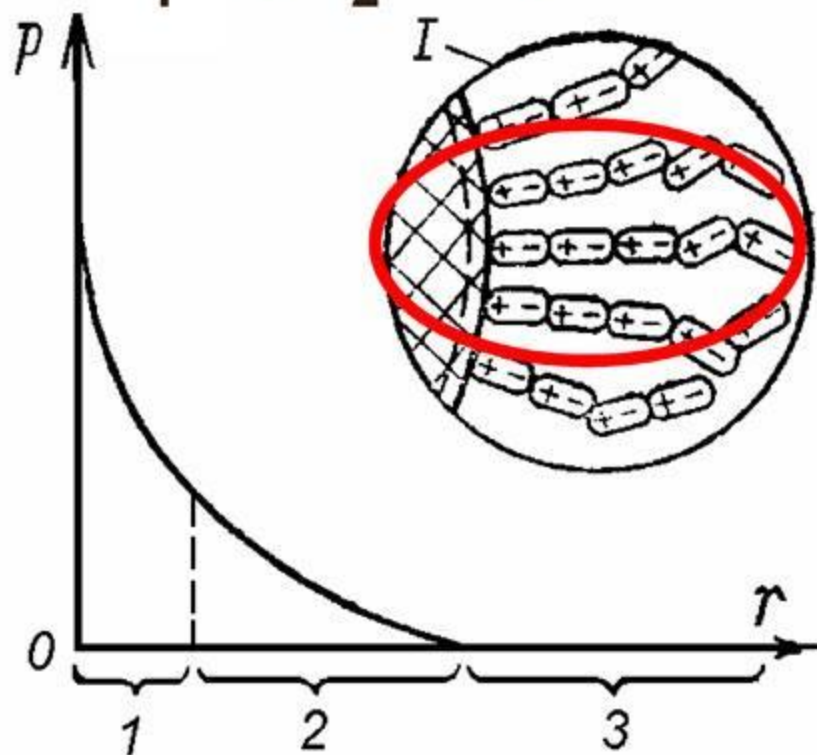
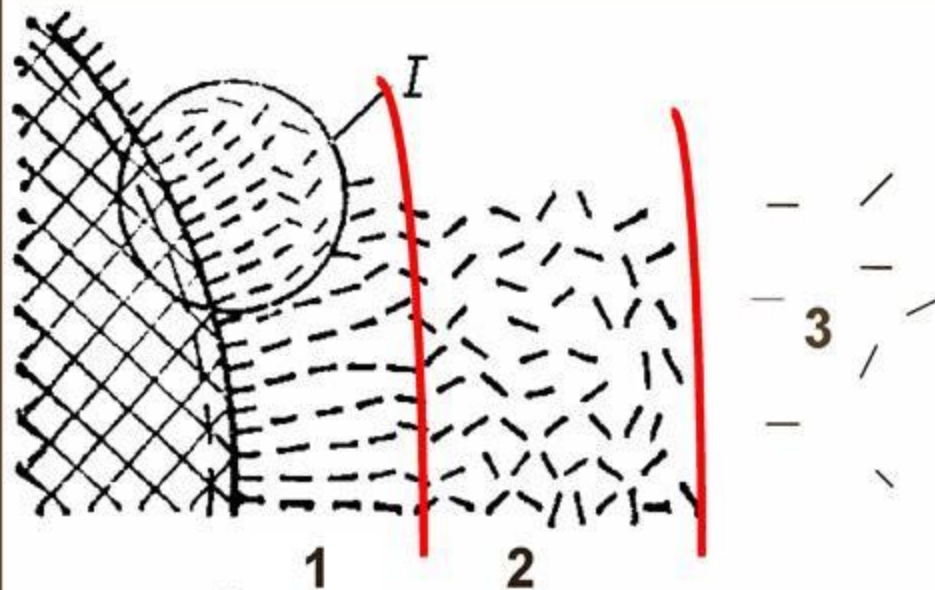
Воздух или
гравитационная вода

Пленочная вода удерживается на поверхности грунтовых частиц силами молекулярного притяжения.

Пленочная вода не подчиняется законам гидростатики и гидродинамики

Количество **пленочной воды** и ее свойства сказываются на физико-механических свойствах грунта





1 – прочносвязанная
вода ;

$$\gamma = 12-24 \text{ кН/м}^3$$

$$t_k = 180 \text{ С}^0$$

$$t_3 = -15-20 \text{ С}^0$$

2 - рыхлосвязанная
вода;

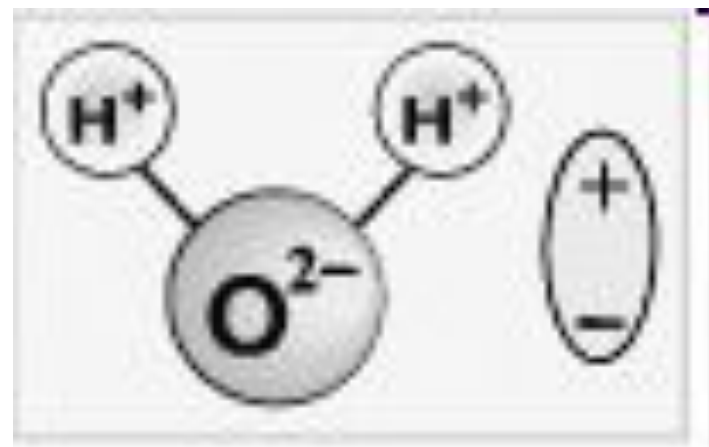
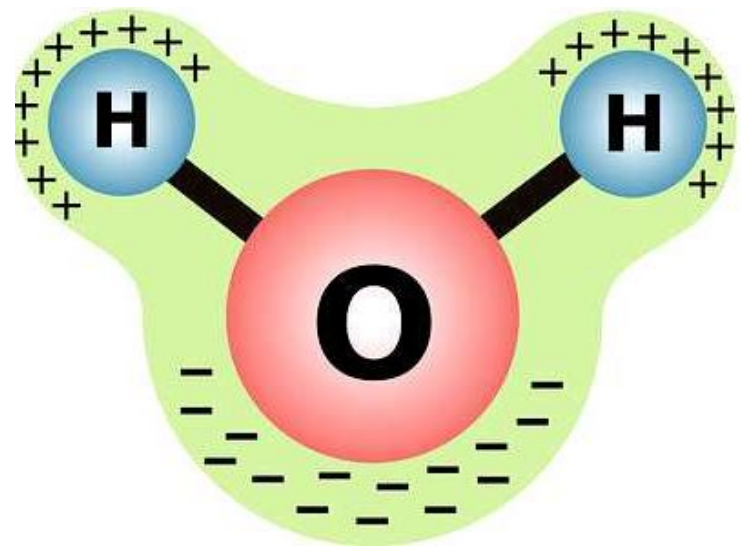
$$\gamma = 11-14 \text{ кН/м}^3$$

$$t_k = 120 \text{ С}^0$$

$$t_3 = -5-6 \text{ С}^0$$

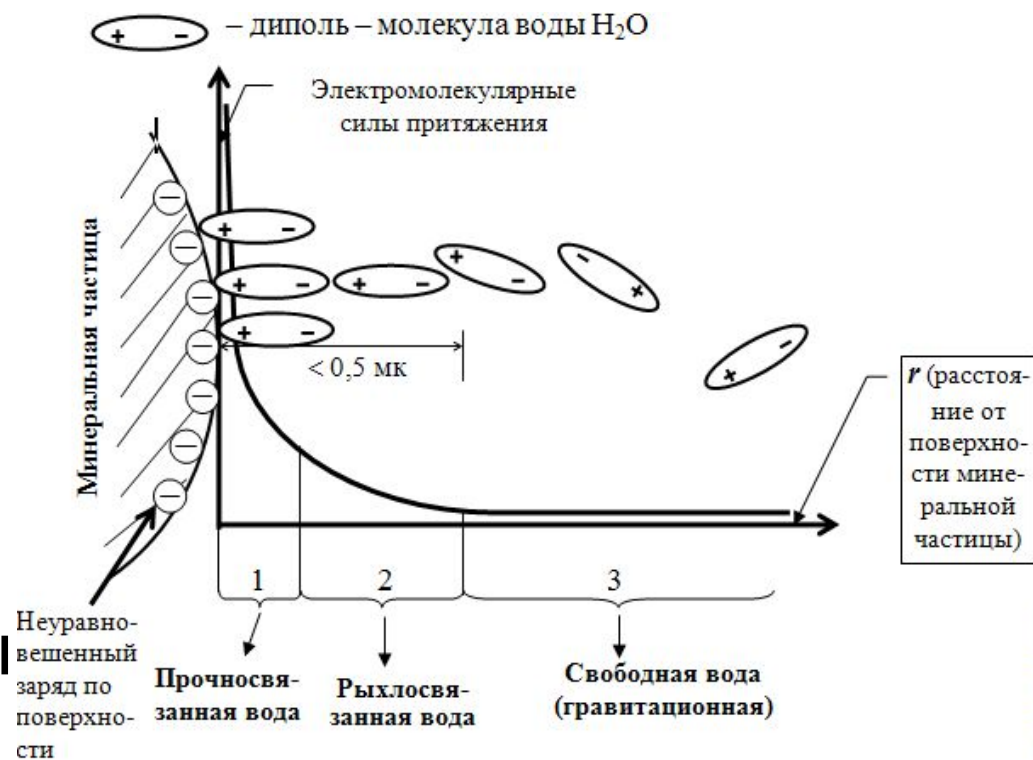
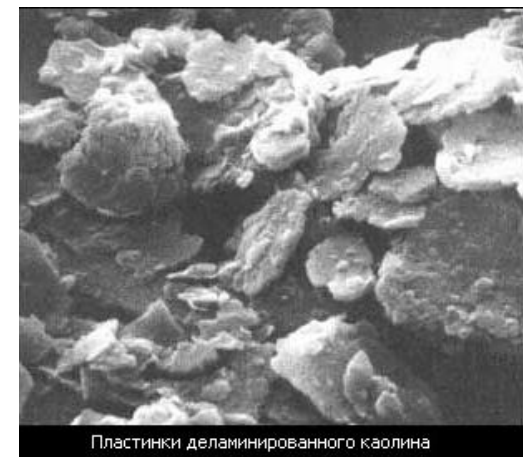
3 - свободная вода

- В молекулах воды атомы водорода и кислорода расположены не симметрично.
- Поэтому молекула воды представляет собой слабый диполь, один конец которого соответствует положительному, а другой конец - отрицательному заряду.

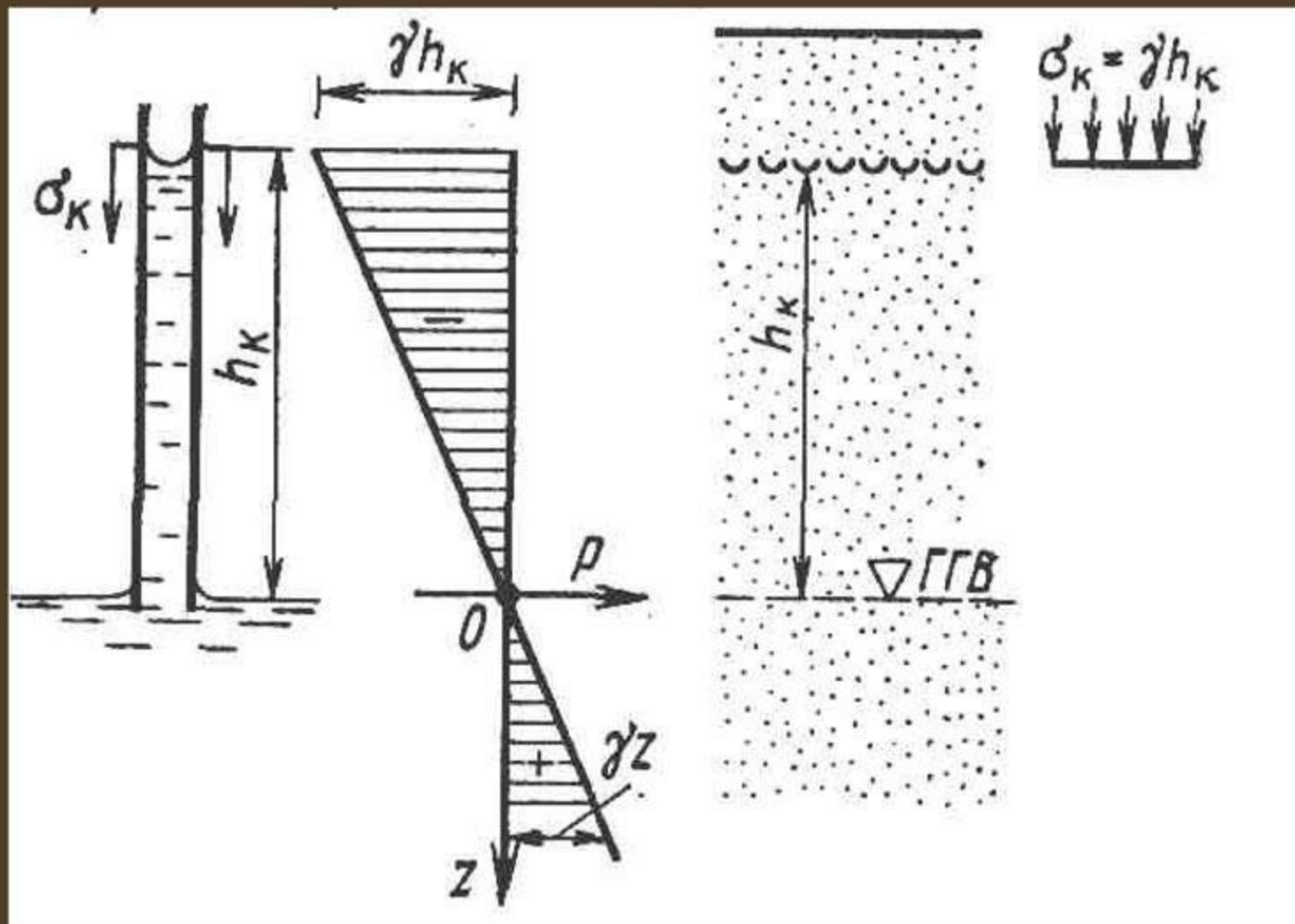


Взаимодействие глинистых частиц с водой

- Глинистые частицы имеют пластинчатую или игольчатую форму.
- Из-за большой удельной поверхности они активно взаимодействуют с водой.
- Частицы обладают отрицательным зарядом на поверхности и притягивают молекулы воды.



Капиллярная вода поднимается в грунте по свободным порами или удерживается в них в подвешенном состоянии.



Усредненная высота капиллярного поднятия в грунтах естественной влажности и нормального уплотнения

Суглинок – более 1м (возможно до 7м);

Супесь- 0,4 -0,6м;

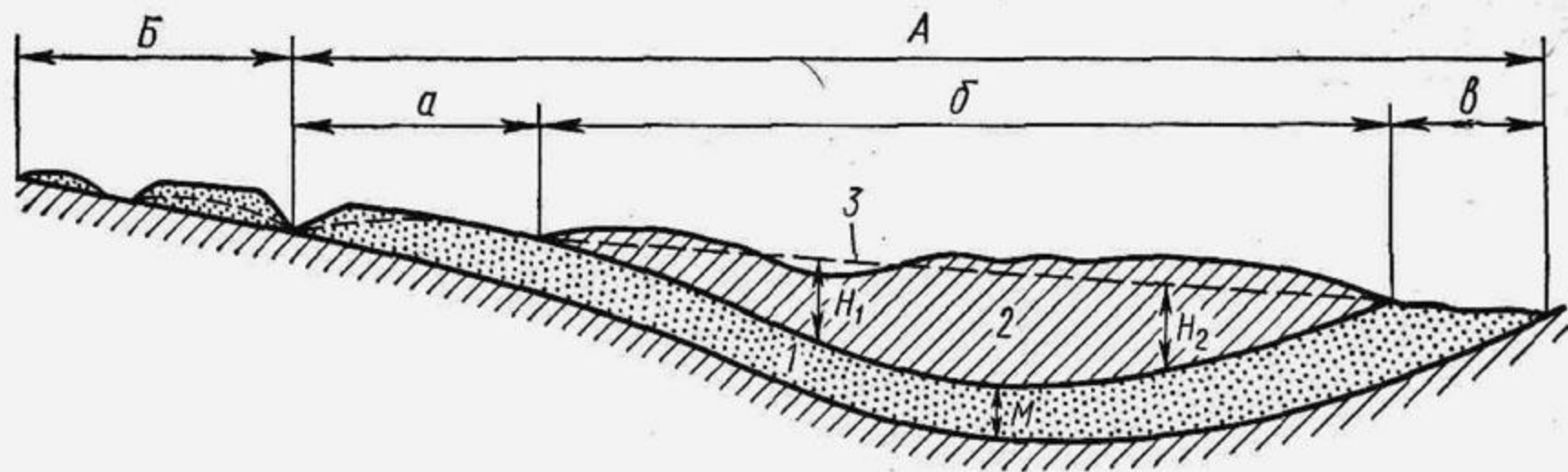
Песок мелкий – 0,3м;

Песок крупный – 0,05м.

При размере пор 10^{-7} см и менее образование капиллярных менисков невозможно.

Следовательно грунт становится **водоупором**.

Гравитационная вода подчиняется действию сил тяжести, она свободно движется в грунте от большего напора к меньшему и пополняет грунтовую воду.



Химически связанная вода

- **Ангидри́т** («лишённый воды») — безводный сульфат кальция. Если добавить к нему воду, он увеличивается в объёме примерно на 30 % и постепенно превращается в гипс. Отложения ангидрита образуются в осадочных толщах в результате обезвоживания отложений гипса.

- Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ \longrightarrow ангидрит CaSO_4



51. Ангидрит голубой (P1s)
с гл. 202 м.
с. Моргауши.

- При этом повышается прочность минеральных частиц, строительные свойства грунта улучшаются.

Слои горных пород, насыщенные гравитационной водой, образуют водоносные горизонты, или пласты, составляющие водоносные комплексы.

Подземные воды - природные растворы, содержащие свыше 60 хим. элементов (в наибольших кол-вах - К, Na, Ca, Mg, Fe, Cl, S, C, Si, N, O, H), а также микроорганизмы (окисляющие и восстанавливающие различные вещества). Как правило, подземные воды насыщены газами (CO_2 , O_2 , N_2 , C_2H_2 и др.). По степени минерализации подземные воды подразделяют (по В. И. Вернадскому) на пресные (до 1 г/л), солоноватые (от 1 до 10 г/л), солёные (от 10 до 50 г/л) и подземные рассолы (свыше 50 г/л); в более поздних классификациях к подземным рассолам относят воды с минерализацией свыше 36 г/л.

В зависимости от температуры ($^{\circ}\text{C}$) различают: переохлаждённые (ниже 0), холодные (от 0 до 20), тёплые (от 20 до 37), горячие (от 37 до 50), весьма горячие (от 50 до 100) и перегретые подземные воды (свыше 100).

По происхождению выделяется несколько типов подземных вод:

- **Инфильтрационные воды**
- **Конденсационные подземные воды**
- **Седиментационные воды**
- **магматогенные, или ювенильные**
- **Грунтовые воды могут образовываться за счет искусственных гидротехнических сооружений (оросительные каналы)**

Инфильтрационные
воды образуются
благодаря
просачиванию с
поверхности Земли
дождевых, талых и
речных вод.

По составу они
преимущественно
гидрокарбонатно-
кальциевые и
магниевые.



Конденсационные подземные воды образуются в результате конденсации водяных паров в порах или трещинах пород.



Седиментационные воды формируются в процессе геологического осадкообразования и обычно представляют собой измененные захороненные воды морского происхождения — хлоридно-натриевые, хлоридно-кальциево-натриевые и др. К ним же относятся погребённые рассолы солеродных бассейнов.

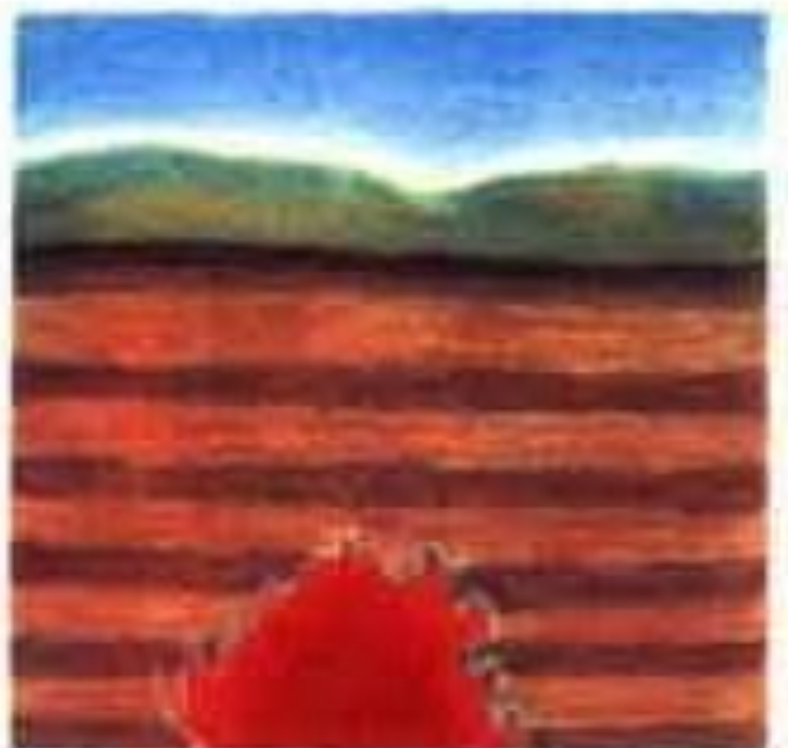


Воды, образующиеся из магмы при её кристаллизации и вулканическом метаморфизме горных пород, называются **магматогенными**, или **ювенильными** (по терминологии Э. Зюсса).

пластовое тело



ШТОК

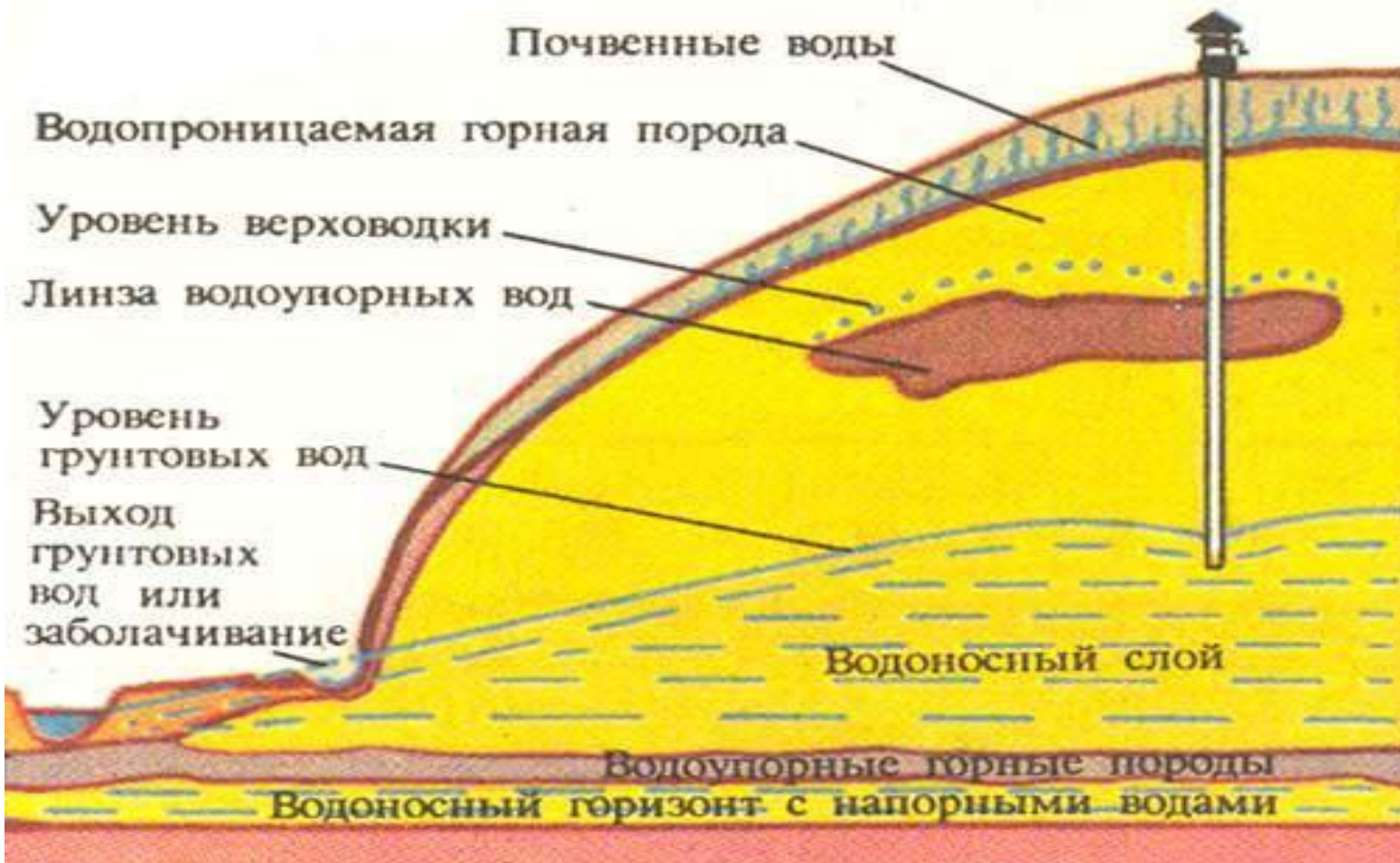


В зависимости от характера пустот водовмещающих пород подземные воды делятся на:

- *поровые* — в песках, галечниках и др. обломочных породах;
- *трещинные* (жильные) — в скальных породах (гранитах, песчаниках);
- *карстовые* (трещинно-карстовые) — в растворимых породах (известняках, доломитах, гипсах и др.).

По условиям залегания выделяют три типа подземных вод: верховодку, грунтовые, напорные (артезианские).

Действие колодца на уровень грунтовых вод



Верховодкой называются подземные воды, залегающие вблизи поверхности земли и отличающиеся непостоянством распространения. Обычно верховодка приурочена к линзам водоупорных или слабо проницаемых горных пород, перекрываемых водопроницаемыми толщами.

Верховодка занимает ограниченные территории, это явление – временное, и происходит оно в период достаточного увлажнения; в засушливое время года верховодка исчезает.

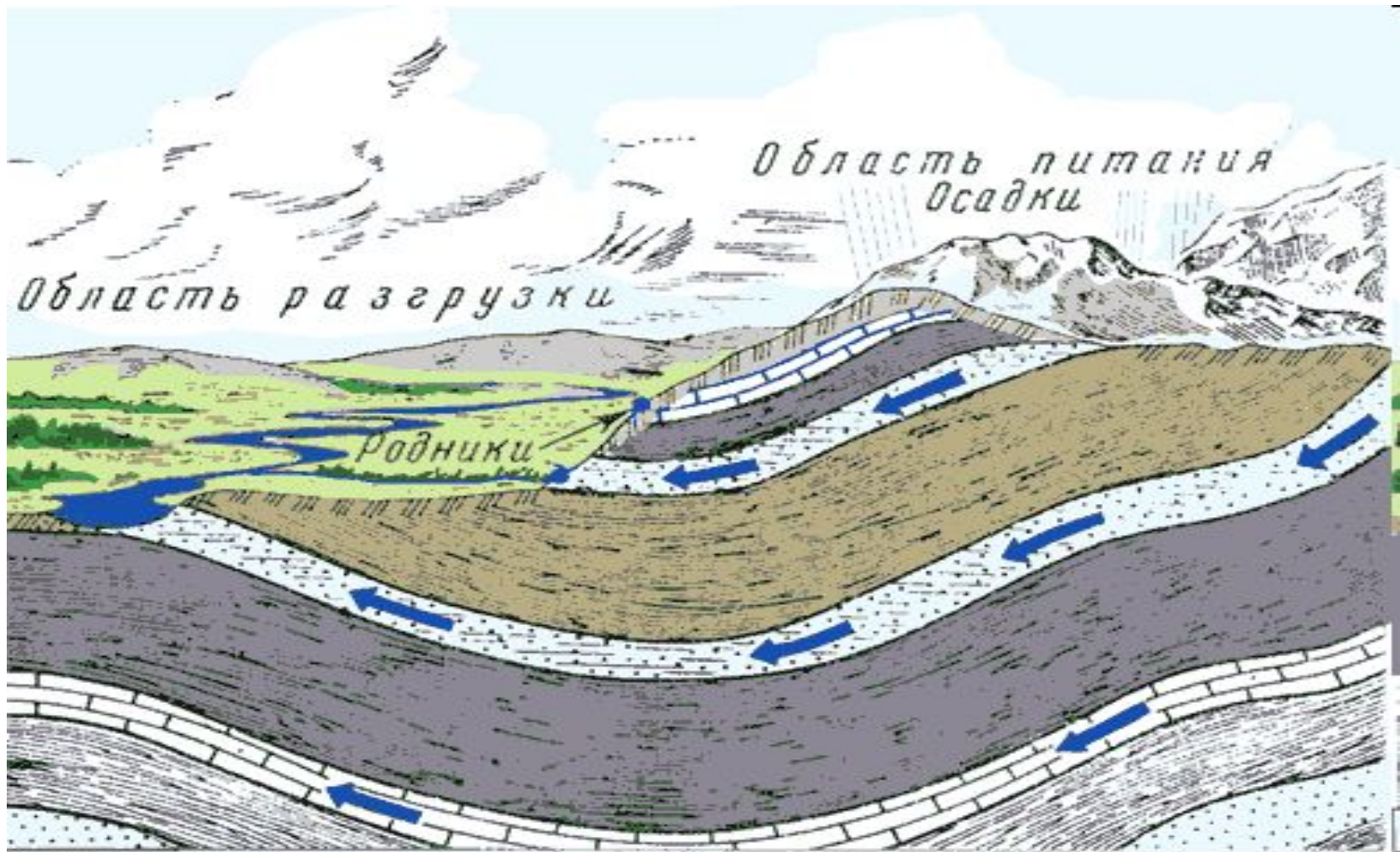
Верховодка относится к первому от поверхности земли водоупорному пласту. В тех случаях, когда водоупорный пласт залегает вблизи поверхности или выходит на поверхность, в дождливые сезоны развивается заболачивание.

Грунтовые воды. Грунтовыми называются воды, залегающие на первом водоупорном горизонте ниже верховодки. Обычно они относятся к водонепроницаемому пласту и характеризуются более или менее постоянным притоком воды.

Грунтовые воды могут накапливаться как в рыхлых пористых породах, так и в твёрдых трещиноватых коллекторах.

Уровень грунтовых вод представляет собой неровную поверхность, повторяющую, как правило, неровности рельефа в сглаженной форме: на возвышенностях он ниже, в пониженных местах – выше.

Схема разгрузки подземных вод



Грунтовые воды перемещаются в сторону понижения рельефа. Уровень грунтовых вод подвержен постоянным колебаниям - на него влияют различные факторы: количество и качество выпадающих осадков, климат, рельеф, наличие растительного покрова, хозяйственная деятельность человека и многое другое.

Выходы подземных вод на поверхность называются **родниками**, или **ключами**.



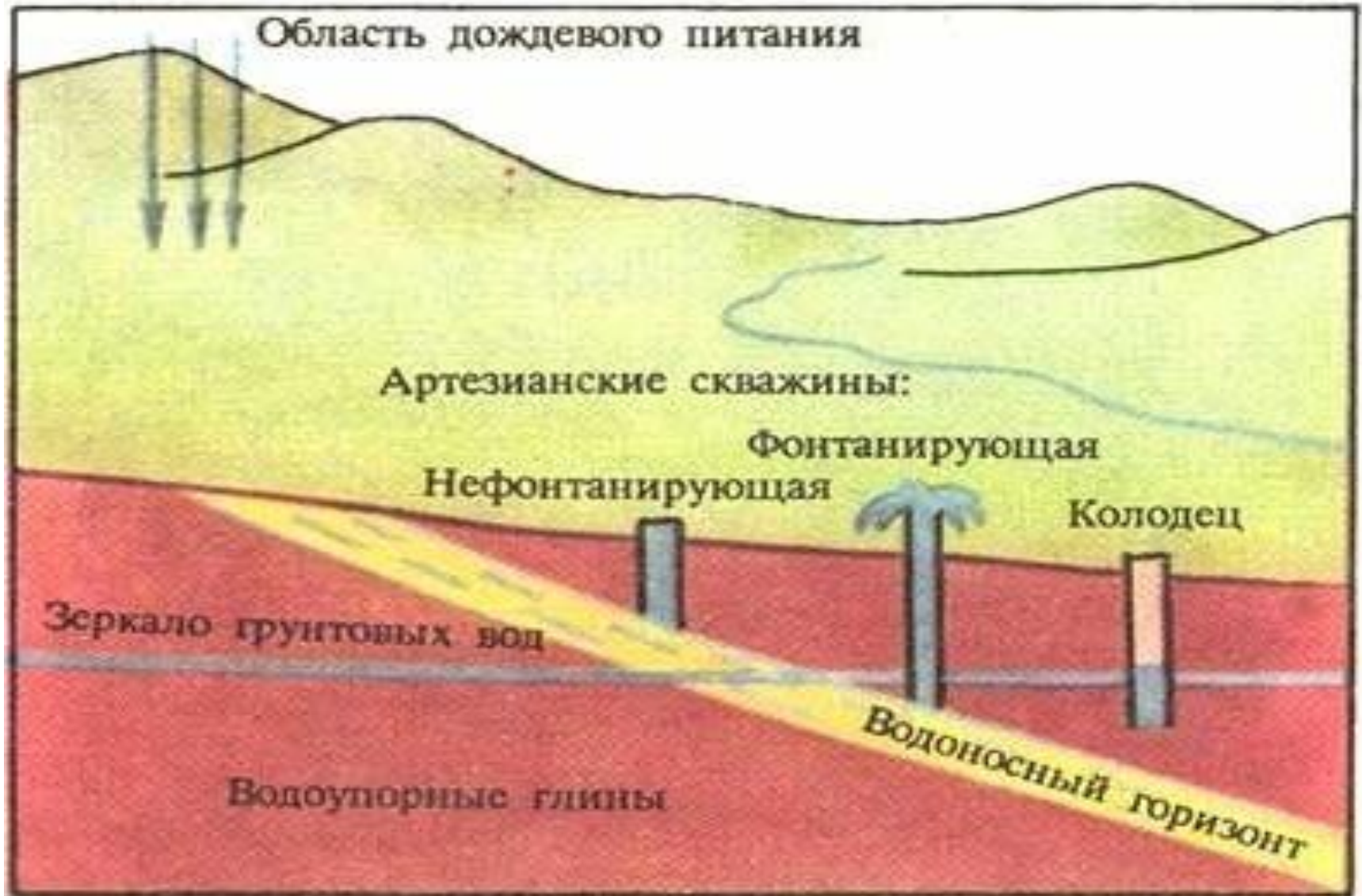
⊙ — нисходящий родник

⊙ — восходящий родник (ключ)

Напорные, или артезианские воды.

Напорными называют такие подземные воды, которые находятся в водоносном слое, заключенном между водоупорными слоями, и испытывают гидростатическое давление, обусловленное разностью уровней в месте питания и выхода воды на поверхность. Область питания у артезианских вод обычно лежит выше области стока воды и выше выхода напорных вод на поверхность Земли. Если в центре такой чаши заложить артезианскую скважину, то вода из нее будет вытекать в виде фонтана по закону сообщающихся сосудов.

Артезианские воды



Размеры артезианских бассейнов бывают весьма значительными – до сотен и даже тысяч километров. Области питания таких бассейнов зачастую значительно удалены от мест извлечения воды. Артезианские воды характеризуются постоянством воды и хорошим качеством, что немаловажно для её практического использования.

Многие качественные и количественные показатели параметров подземных вод (уровня, напора, расходов, хим. и газового составов, температуры и др.) подвергаются кратковременным, многолетним и вековым изменениям, которые определяют режим подземных вод.

Режим подземных вод - закономерное изменение во времени уровня, температуры, химического и газового составов подземных вод под влиянием естественных и искусственных факторов. Наибольшие колебания показателей режима происходят при неглубоком залегании подземных вод.

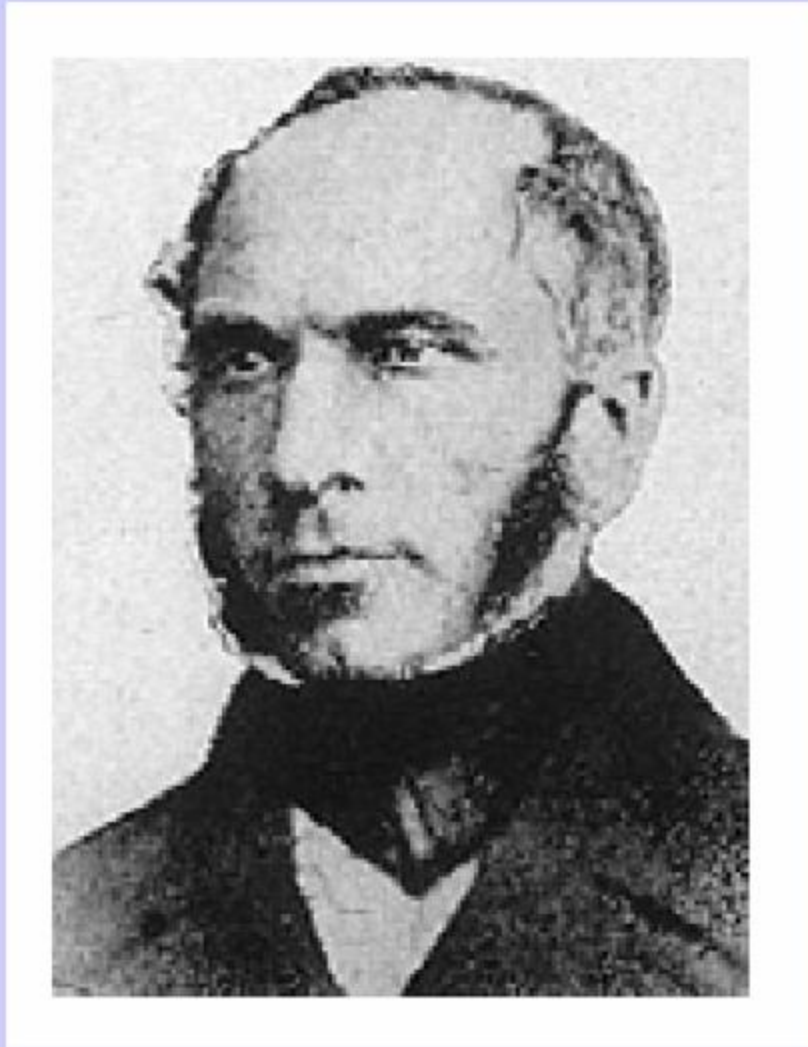
Гидрогеологическая карта - карта, отображающая распространение и условия залегания водоносных горизонтов. Содержит данные о качестве и производительности водоносных горизонтов, размерах, форме, положении древнего фундамента водонапорных систем, о взаимоотношении геологической структуры, рельефа и подземных вод. Составляется по результатам гидрогеологической съёмки с учётом геологических и тектонических карт.

Гидрогеологические карты сопровождаются **разрезами**, на которых отражается геологическое строение района — литологический состав водоносных горизонтов, фациальные изменения, водоупорные толщи, глубины залегания и величина напоров водоносных горизонтов, положение свободной и пьезометрической поверхности подземных вод, их минерализация и дебит.

К карте обычно прилагается **пояснительный текст** с характеристикой гидрогеологических условий района.

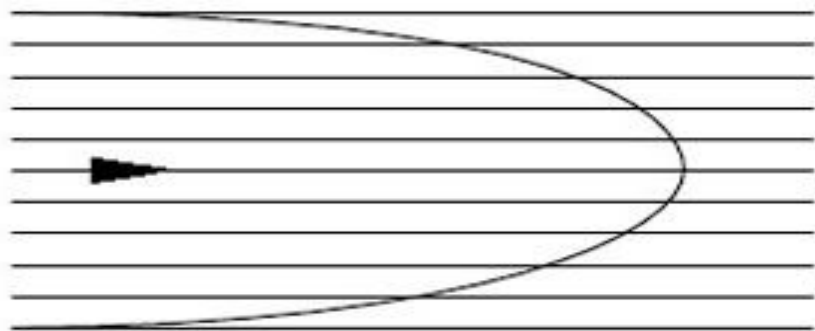
Обычно гидрогеологический разрез совмещается с геол. разрезом и является составной частью плана развития горных работ на обводнённых шахтах или карьерах.

Водопроницаемость грунтов

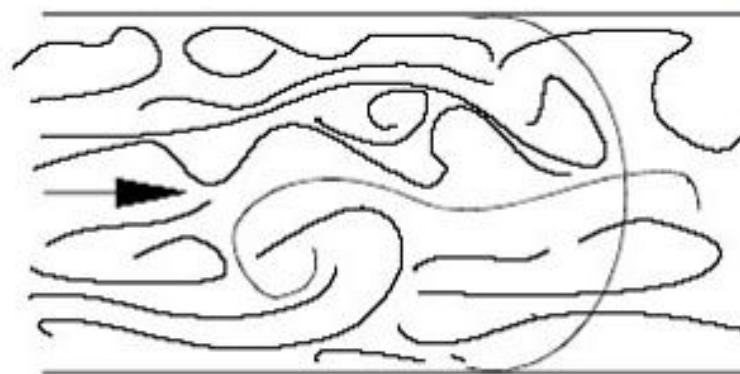


Генри Филипп Гаспар Дарси (1803-1858)

Законы движения воды



Ламинарное течение



Турбулентное течение

Подземные воды могут передвигаться путем фильтрации и инфильтрации.

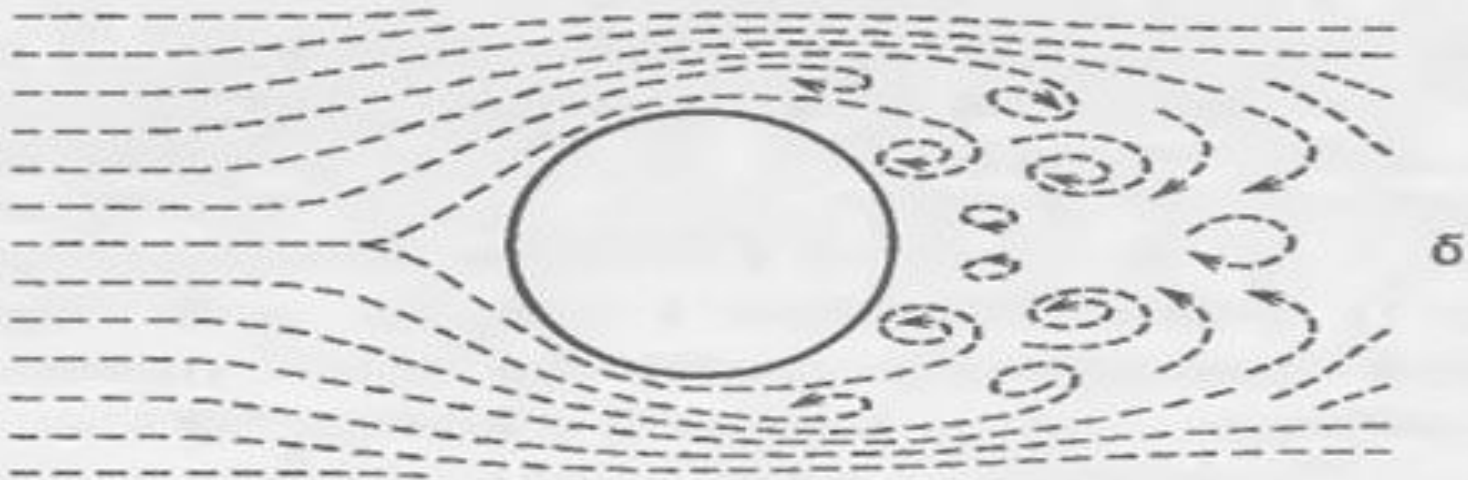
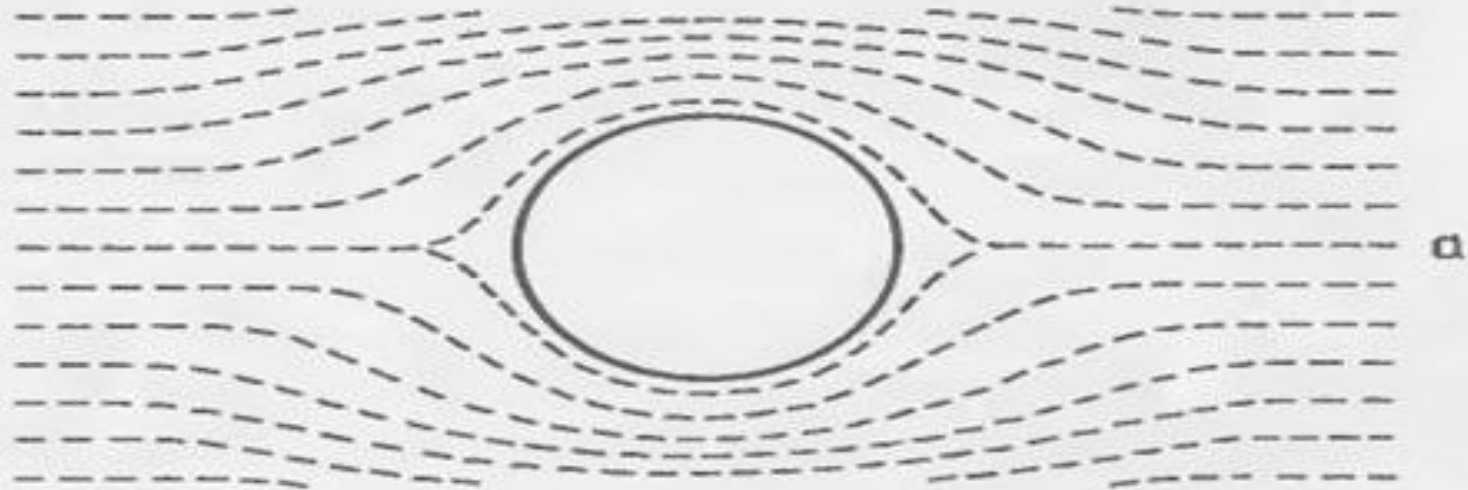
Фильтрационные потоки подземных вод различаются по характеру движения и подчиняются двум законам: **ламинарный** - движение грунтового потока имеет параллельно-струйчатый характер, подчиняется закону Дарси; **турбулентный** – вихревой, более сложный характер.

Движение подземных вод может быть установившимся и неуставившимся, напорным и безнапорным.

При **установившемся движении** все элементы фильтрационного потока (скорость, расход, направление) не изменяются во времени или очень малы.

Неустановившимся называется поток, основные элементы которого изменяются во времени. Причиной может быть откачка воды из скважины, сброс сточных вод и т.п.

Ламинарное и турбулентное движение воды



Напорные воды – имеют нижний и верхний водоупор. Характеризуются полным заполнением поперечного сечения водопроницаемого пласта водой. Образуются при откачке воды из скважин.

Ненапорные грунтовые воды имеют водоупор снизу и свободную поверхность сверху. Передвигаются при наличии **разности гидравлических напоров (уровней)**:

$$H = H_1 - H_2$$

Скорость движения грунтового потока зависит от разности напора (H) и длины пути фильтрации (L). **Отношение разности напора к длине пути фильтрации называют гидравлическим уклоном (гидравлическим градиентом)**:

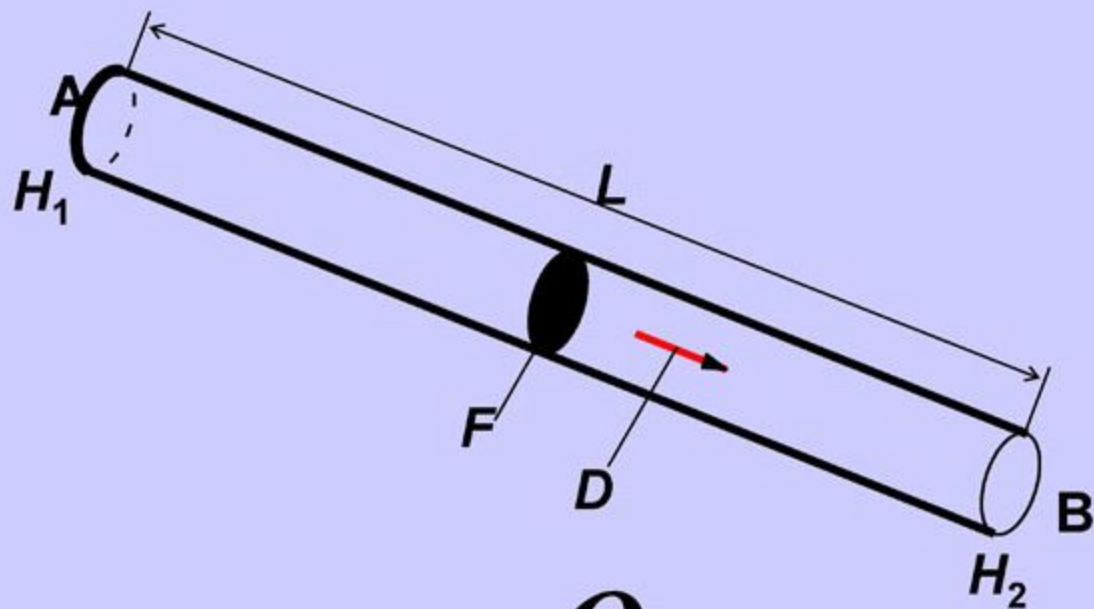
$$I = H/L$$

Закон Дарси:

**«Скорость фильтрации потока воды
прямо пропорциональна
гидравлическому градиенту.**

**Коэффициентом
пропорциональности является
коэффициент фильтрации»**

Схема движения воды в грунте



$$Q = k_f F J t,$$

$$J = \frac{H_1 - H_2}{L}$$

$$V = \frac{Q}{F t}$$

$V = k_f J.$ — закон Дарси (1885г.)

Теория движения подземных вод основывается на законе Дарси:

$$Q = k_{\phi} * F * H / L = k_{\phi} * F * I,$$

Q - расход воды (кол-во фильтрующейся воды в единицу времени), $\text{м}^3/\text{сут}$;

k_{ϕ} - коэффициент фильтрации, $\text{м}/\text{сут}$;

F - площадь поперечного сечения потока воды, м^2 ;

H - разность напоров, м ;

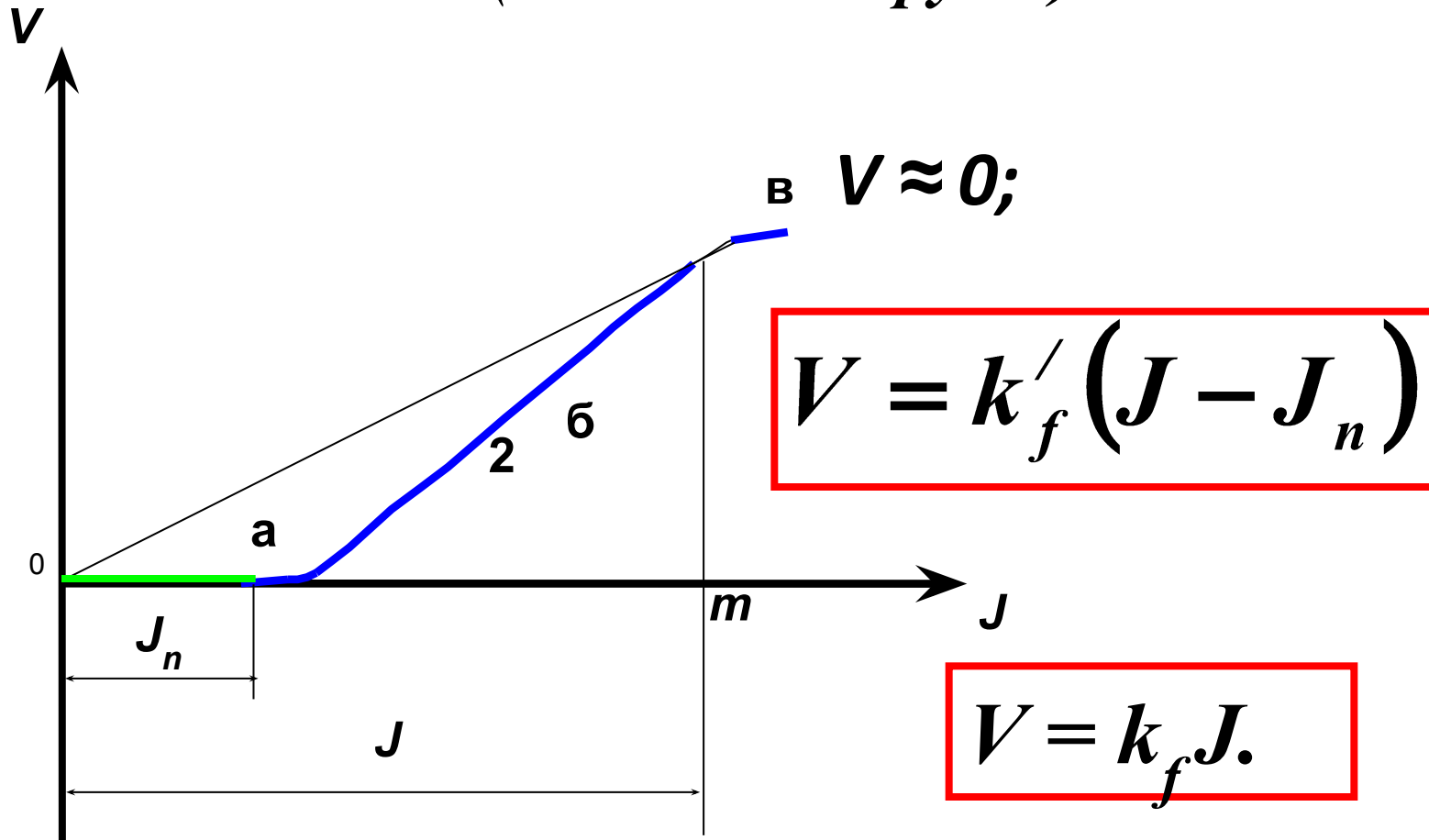
L - длина пути фильтрации, м .

Скорость фильтрации $v = Q/F$ или $v = k_{\phi} * I$, $\text{м}/\text{сут}$, $\text{см}/\text{сут}$.

Это кажущаяся скорость.

Действительная скорость учитывает движение воды только через поры в грунте $v_{\text{д}} = Q/F * n$, n – пористость, выраженная в долях единицы.

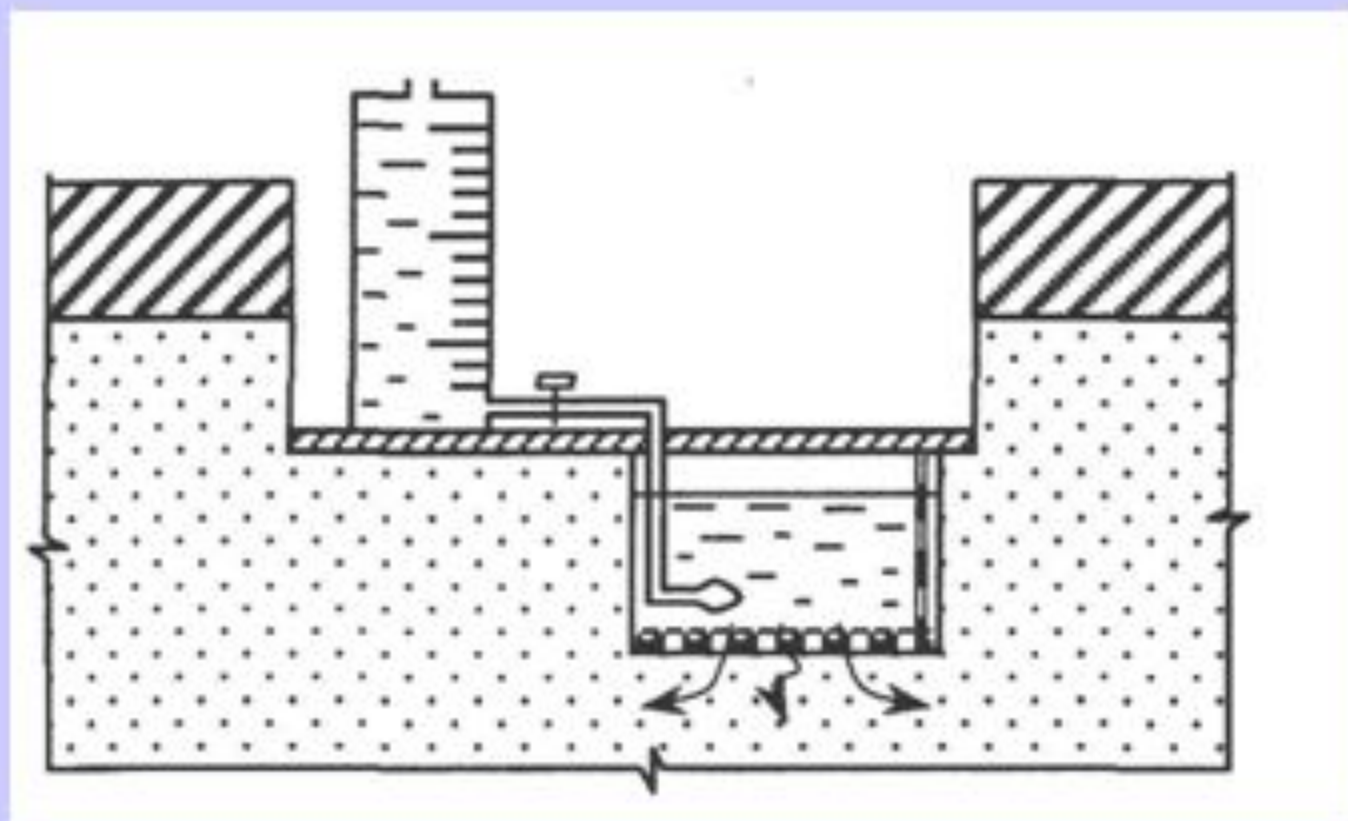
Начальный градиент напора (глинистый грунт)



Методы определения коэффициента фильтрации грунта:

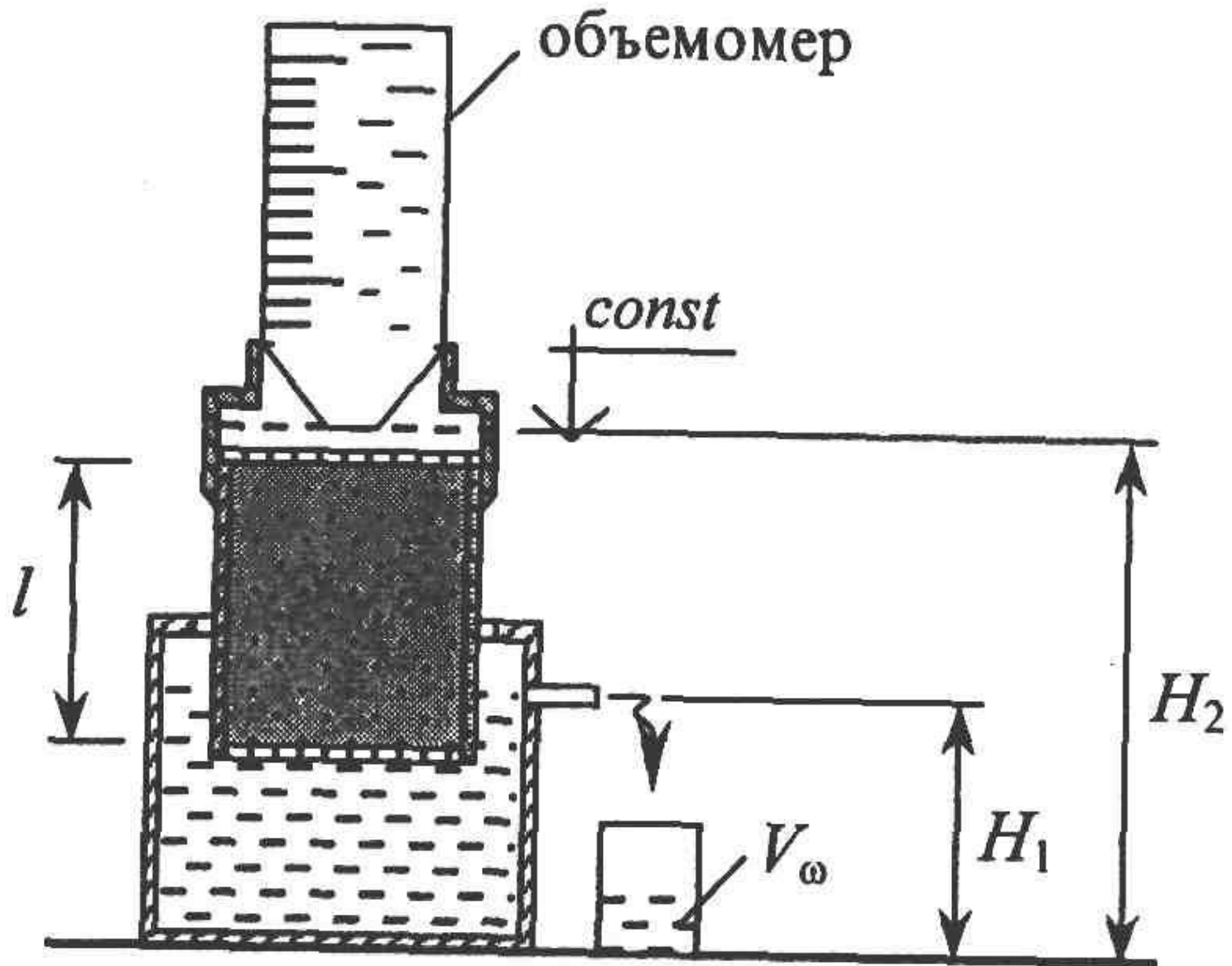
- Полевые (метод налива воды в шурф);**
- Лабораторные (прибор ПКФ).**

Метод налива воды в шурф



$$J=1; \quad V \approx k_f \quad k_f = \frac{Q}{F_k} \quad F_k \text{ - площадь зумфа}$$

Прибор КФ-00м



В строительстве фильтрационные свойства грунта связаны:

- с инженерными задачами (прогноз осадок зданий во времени, фильтрация берегов в результате строительства плотин и т.п.);**
- с вопросами временного понижения у. г.в. для осушения котлованов.**

Проникновение вод в грунты (**водопроницаемость**), слагающих земную кору, зависит от физических свойств этих грунтов. В отношении водопроницаемости грунты делятся на три основные группы: **водопроницаемые, полупроницаемые и водонепроницаемые** или **водоупорные**.

К **водопроницаемым** породам относятся крупнообломочные породы, галечник, гравий, пески, трещиноватые породы и т.д.

К **водонепроницаемым** породам — массивно-кристаллические породы (гранит, мрамор), имеющие минимальную впитывать в себя влагу, и глины. Последние, пропитавшись водой, в дальнейшем ее не пропускают. К породам **полупроницаемым** относятся глинистые пески, рыхлые песчаники, рыхловатые мергели и т.п.

Водопроницаемая крупнообломочная порода - галечник



Гранит – водонепроницаемая порода



Мергель – полупроницаемая порода



Классификация грунтов по степени водопроницаемости

<i>Разновидность грунтов</i>	<i>Коэффициент фильтрации K_f, м/сут</i>
<i>Неводопроницаемый</i>	<i>$<0,005$</i>
<i>Слабоводопроницаемый</i>	<i>$0,005—0,30$</i>
<i>Водопроницаемый</i>	<i>$0,30—3$</i>
<i>Сильноводопроницаемый</i>	<i>$3—30$</i>
<i>Очень сильноводопроницаемый</i>	<i>>30</i>

Ориентировочные значения коэффициентов фильтрации для разных грунтов, м/сут:

- Галечниковый 200
- Гравийный 100 – 200
- Крупнообломочный с песчаным
заполнителем 100 – 150
- Гравелистый песок 50 – 100
- Крупный песок 25 – 75
- Средней крупности песок 10 – 25
- Мелкий песок 2 – 10
- Пылеватый песок 0,1 – 2
- Супесь 0,1 – 0,7
- Суглинок 0,005 – 0,4
- Глина 0,005

В глинистых породах часть пор закрыта, поэтому вводят $n_{\text{акт}}$ — **активную пористость**.

$k_{\text{ф}}$ — это скорость фильтрации при напорном градиенте равном 1. Определяется размерами и формой пор, плотностью воды, минеральным составом грунтов и др.

Методы определения: приближенная оценка возможна по табличным данным. Также могут применяться расчетные, лабораторные и полевые методы.

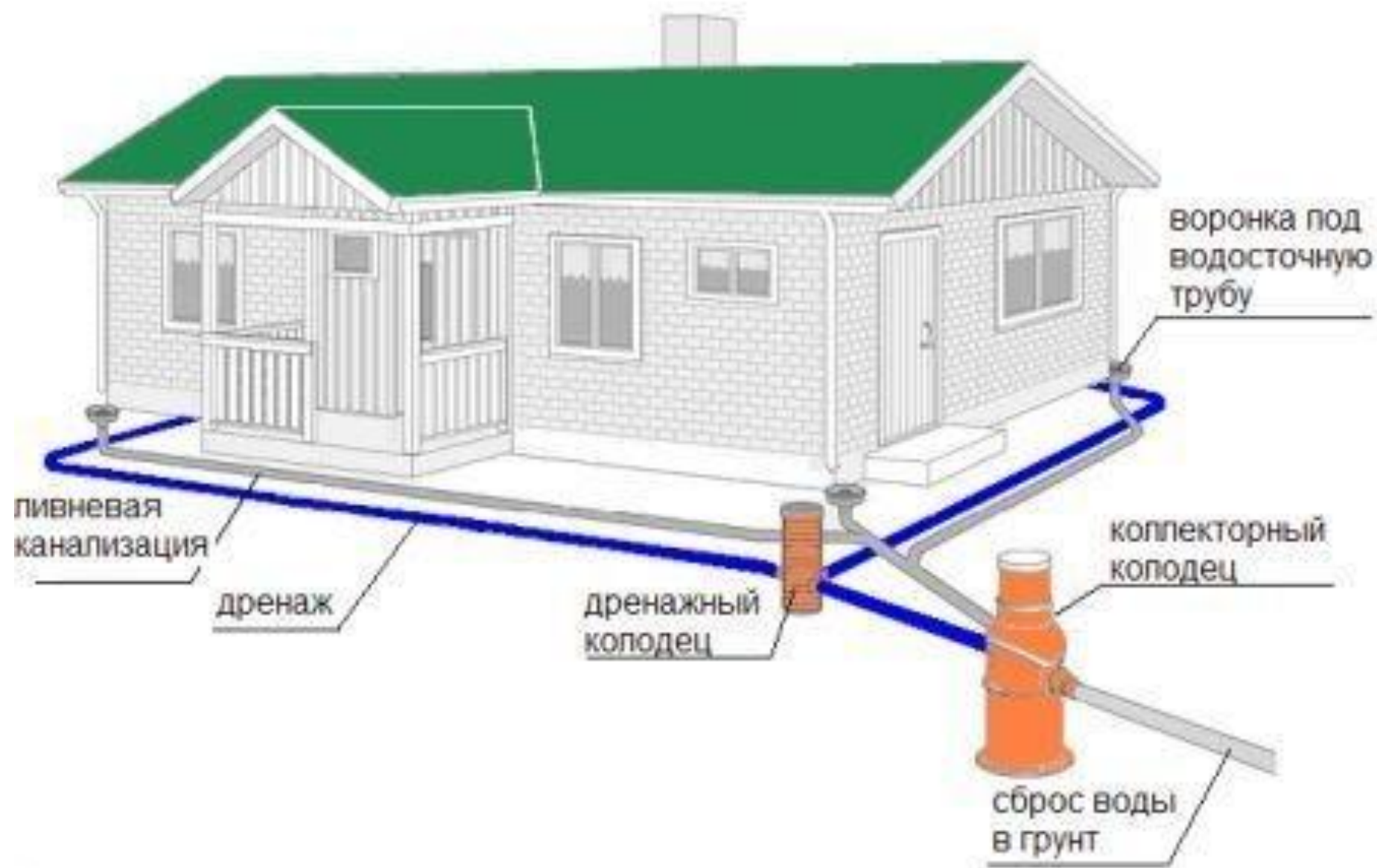
Водозаборы — это сооружения, с помощью которых производится захват подземных вод для водоснабжения:

- вертикальные — буровые скважины и шахтовые колодцы;
- горизонтальные — траншеи, штольни;
- лучевые — водосборные колодцы с лучами-фильтрами.

Приток воды – дебит – максимальное количество воды, которое дает водозаборное сооружение в единицу времени при постоянном уровне воды.

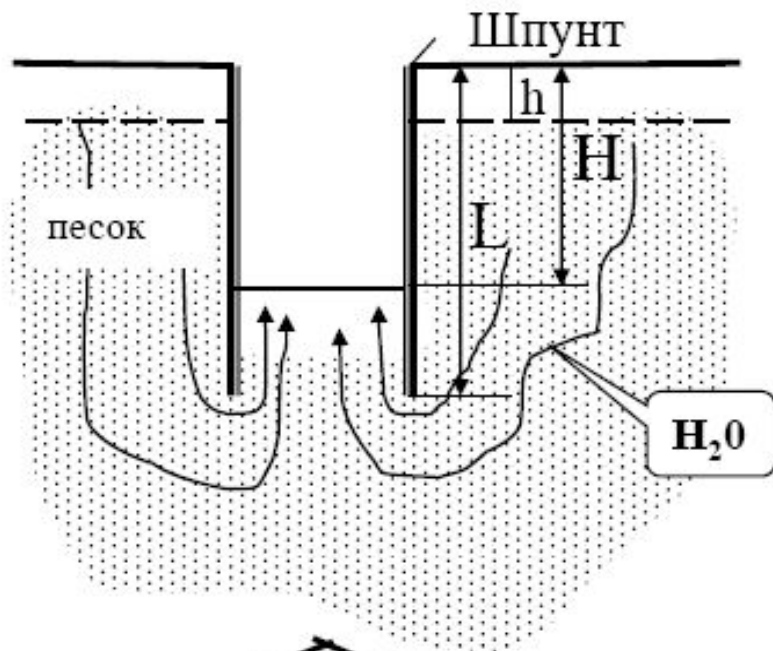
Временный отвод воды называют строительным водозабором, на весь период эксплуатации объекта – дренаж.





Фильтрационные характеристики грунтов используются при:

1. Расчете дренажа
2. Определении дебита источника подземного водоснабжения
3. Расчёте осадок сооружений (оснований) во времени
4. Искусственном понижении у.г.в.
5. Расчете шпунтового ограждения при откопке котлованов, траншей



Как выкопать такой котлован?

$$\theta = t \cdot F \cdot K_{\phi} \cdot I$$

Уменьшить θ - можно только изменяя,

$$I = \frac{H}{L} \quad \mathbf{I} = \frac{H - h}{L - h}$$

в нашем случае

Отсюда определяется длина шпунта L .



При $\mathbf{I} > \mathbf{I}_H$ возникает фильтрация, развиваются осадки.

При $\mathbf{I} < \mathbf{I}_H$ фильтрации нет.

нет и осадки!

