



# Гидрология подземных вод

**Происхождение подземных  
вод. Виды воды в порах  
грунта. Водные свойства  
грунтов.**

---

**Подземные воды –  
совокупность воды (в  
различном агрегатном  
состоянии) в земной коре**

# Происхождение подземных вод

---

- **экзогенное** (их источник – водные объекты на поверхности суши и влага атмосферы)
- **эндогенное** (их источник – недра Земли)

# Экзогенные типы подземных вод

- **Инфильтрационные** (просачивание атмосферных, речных, морских и озерных вод)
- **Конденсационные** (конденсация в порах грунта водяного пара)
- **Седиментационные** (образуются из вод того водного объекта, где происходил процесс седиментации)



# Характеристика инфильтрационных подземных вод

- инфильтрация атмосферных осадков, речных, озерных и морских вод
- поступление влаги через поры и трещины



# **Характеристика конденсационного типа подземных вод**

---

- **конденсация водяного пара в порах почвы**
- **доминирует в условиях пустынь**

# **Характеристика седиментационных подземных вод**

---

- **вода в отложениях морей и океанов**
- **«иловые» растворы**



# Эндогенные подземные воды

---

- **Дегидратационные**  
(формируются вследствие дегидратации минералов)
- **«Ювенильные»** воды в зонах современного вулканизма  
(поступают из магматических очагов)

# Физические свойства грунта

---

- могут пропускать воду или быть водонепроницаемыми
- способны накапливать воду

# Характеристики физических свойств грунтов

---

- **плотность**
- **пористость и трещиноватость**
- **влажность**
- **влагоемкость**

# Плотность грунта

$$\rho_{\Gamma} = m_{\Gamma} / V_{\Gamma}$$

$m_{\Gamma}$  – масса грунта, кг

$V_{\Gamma}$  – объем грунта, м<sup>3</sup>

# Соотношение плотности и минерального состава грунта

| Минеральный состав грунта | Плотность, кг/м <sup>3</sup> |
|---------------------------|------------------------------|
| песок                     | 2650                         |
| супесь                    | 2700                         |
| суглинок                  | 2710                         |
| глина                     | 2740                         |

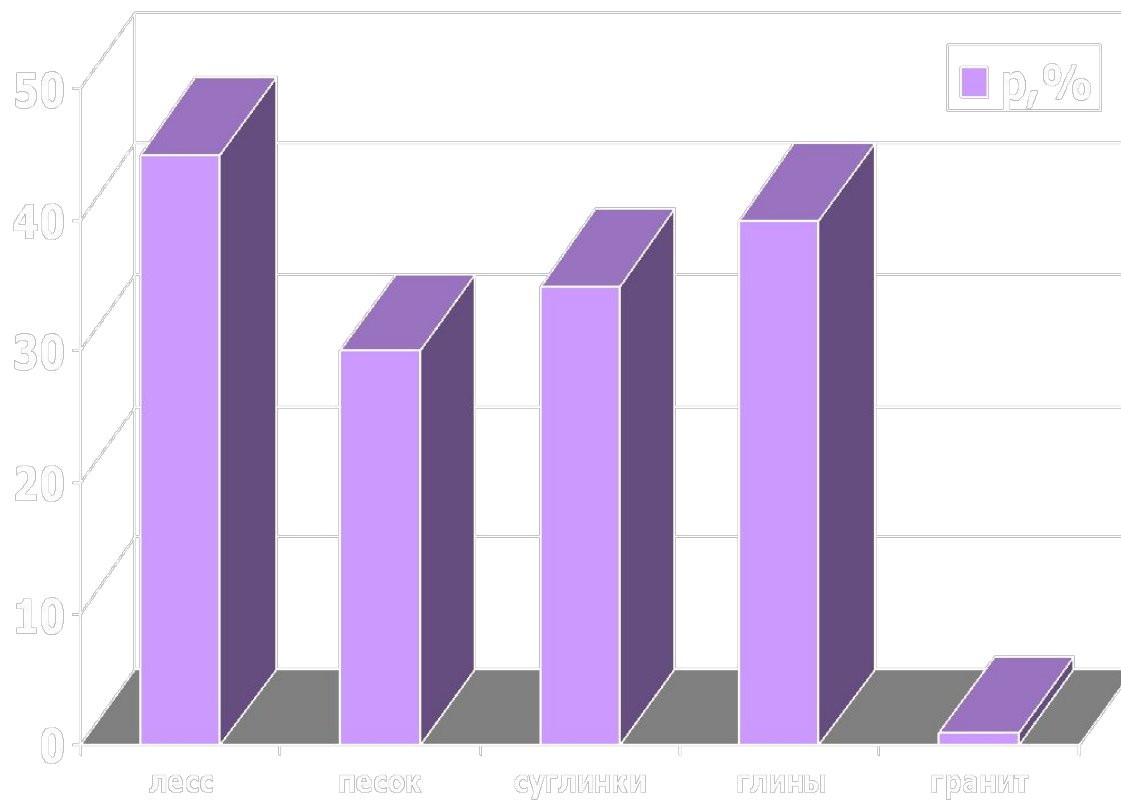


# Скважность (пористость и трещиноватость)

$$p = (V_{\text{п}} / V_{\text{г}}) \cdot 100\%$$

$V_{\text{г}}$ ,  $V_{\text{п}}$  – объем грунта и пор,  
 $p$  - коэффициент пористости

# Изменение коэффициента пористости



# Виды воды в порах грунтов

---

- связанная
- капиллярная
- гравитационная (свободная)
- лед
- водяной пар

# Связанная вода

- **химически связанная вода** – входит в состав минералов (гипс –  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) – выделяется при высокой температуре
- **физически связанная вода** – удерживается на поверхности частиц молекулярными силами

# Физически связанная вода

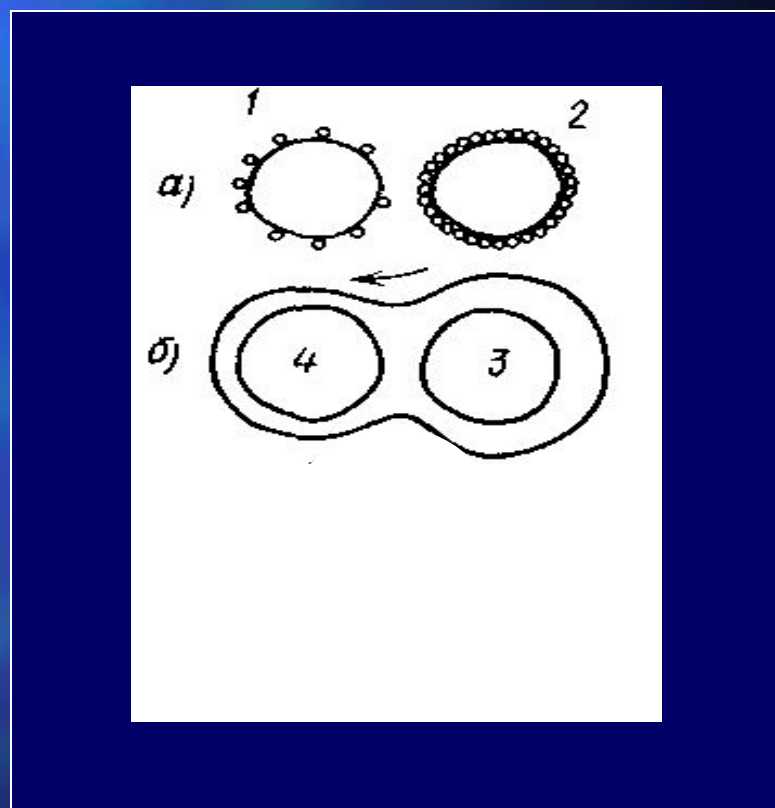
---

- гигроскопическая (прочносвязанная)
- пленочная (рыхлосвязанная)



# Физически связанная вода

- гигроскопическая вода (а) (прочносвязанная)
- пленочная вода (б) (рыхлосвязанная)
- не входит в состав подземных вод



# Гигроскопическая вода

- сорбируется частицами грунта
- удерживается молекулярными силами
- толщина слоя не больше диаметра 1-20 молекул
- испаряется при температуре 90-120<sup>0</sup>С

# Пленочная вода

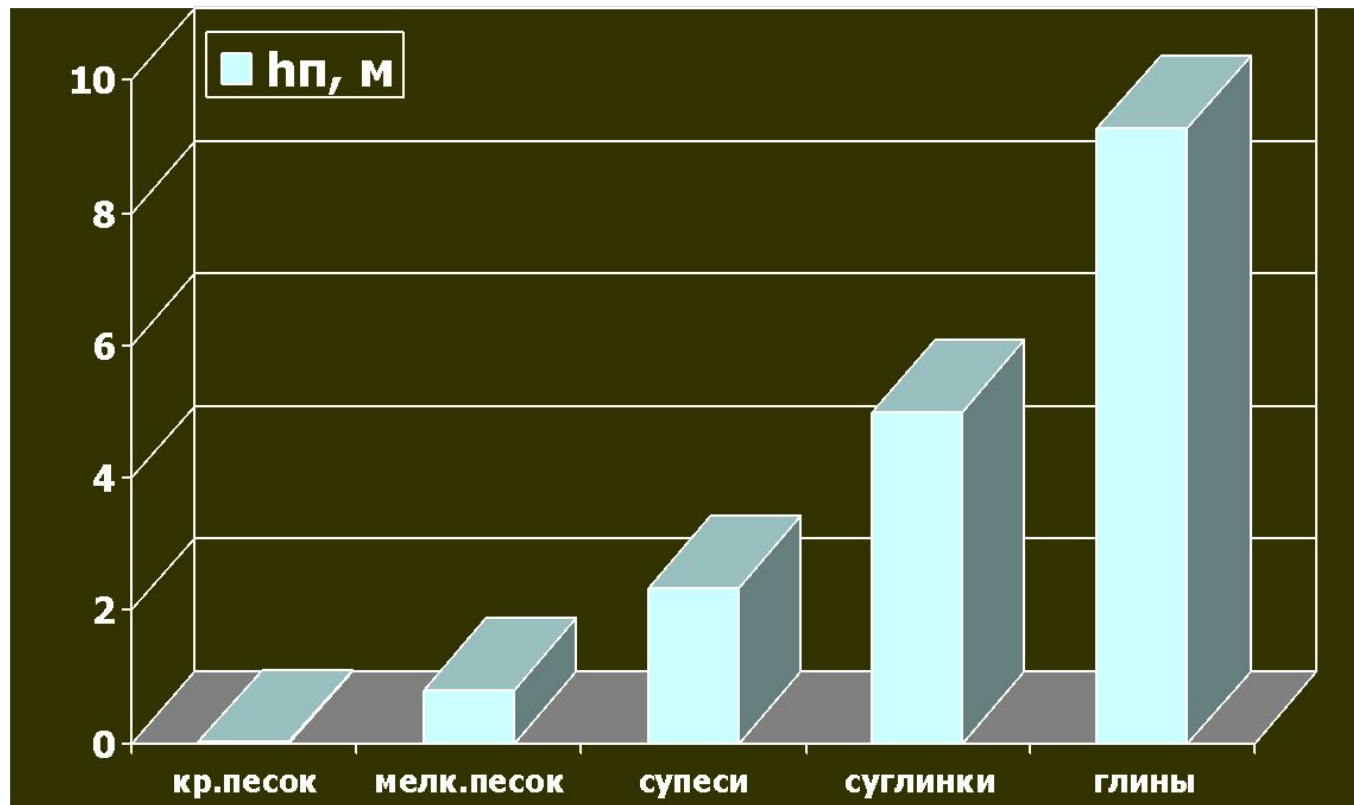
- пленка над гигроскопической водой
- может перемещаться

# Капиллярная вода

---

- заполняет поры грунта
- перемещается под влиянием капиллярных сил
- определяет влажность грунта
- используется растениями
- входит в состав гидросферы

# Соотношение типов грунта и высоты капиллярного поднятия $h_{\text{п}}$





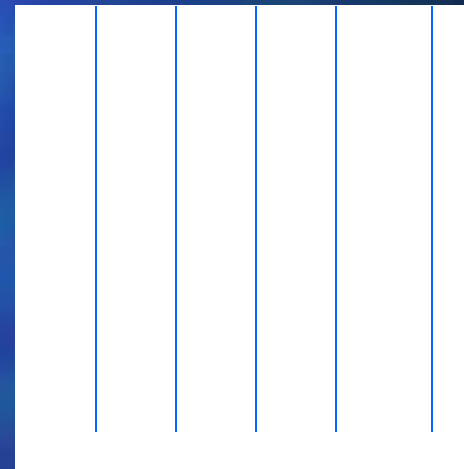
# Виды капиллярной воды

- капиллярно-подвешенная
- капиллярно-поднятая
- капиллярно-разобшенная



# Гравитационная вода

- перемещается под действием силы тяжести в порах и трещинах
- ВХОДИТ В СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД



# Подземные льды





# Водяной пар в грунтах

---

- заполняет поры при отсутствии в них воды
- перемещается под влиянием градиента давления воздуха
- ВХОДИТ в состав гидросферы

# Влажность и ее характеристики

Влажность  $W$  – содержание воды в грунте (%)

$$W = 100m_B/m_C = 100(m_\Gamma - m_C)/m_C$$

$m_\Gamma$  – масса грунта и воды,

$m_C$  – масса высушенного грунта,

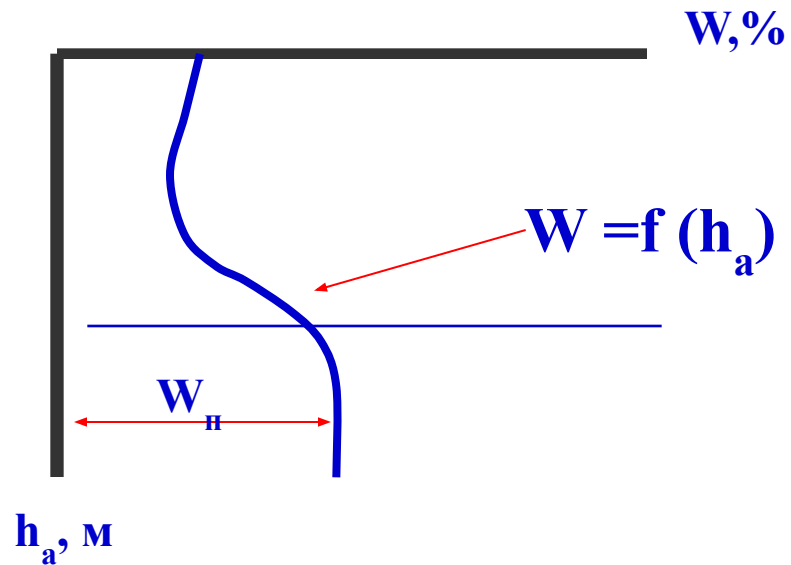
$m_B$  – масса воды в грунте



# Влажность и ее характеристики

- **влагоемкость (%)** – способность грунта вмещать и удерживать воду
- **полная влагоемкость ( $W_p$ )** – максимально возможная влажность грунта

# Изменение влажности в пределах зоны аэрации



# Влажность и ее характеристики

---

- дефицит влажности  $d = W_{\text{п}} - W$
- размерность  $d$  - %

# Водопроницаемость грунта - способность пропускать воду

---

- **зависит от размера и формы частиц  
грунта**
- **характеристика водопроницаемости -  
коэффициент фильтрации**

# Изменчивость водопроницаемости

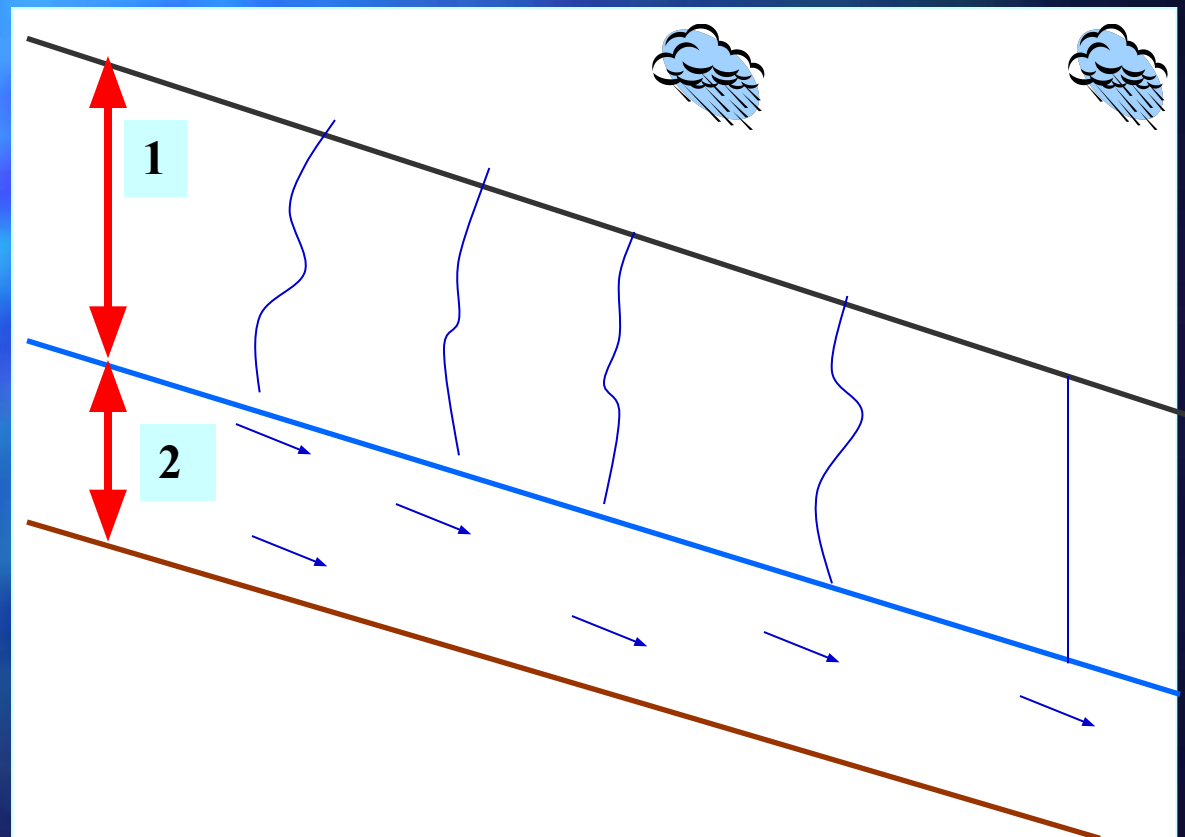
| Тип грунта                   | Коэффициент фильтрации, м/сутки | Степень водопроницаемости   |
|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| гравий, галька               | $> 10^2$                        | высокая                     |
| песок                        | $10^{-1} - 10^2$                | хорошая                     |
| суглинки                     | $10^{-6} - 10^{-1}$             | слабая                      |
| глина,<br>скальные<br>породы | $< 10^{-6}$                     | непроницаемые,<br>водоупоры |

**Классификация подземных вод по характеру их залегания. Воды зоны аэрации и зоны насыщения. Напорные и безнапорные воды. Артезианские бассейны.**



# Схема расположения безнапорных подземных вод

- подземные воды зоны аэрации (1)
- подземные воды зоны насыщения (2)



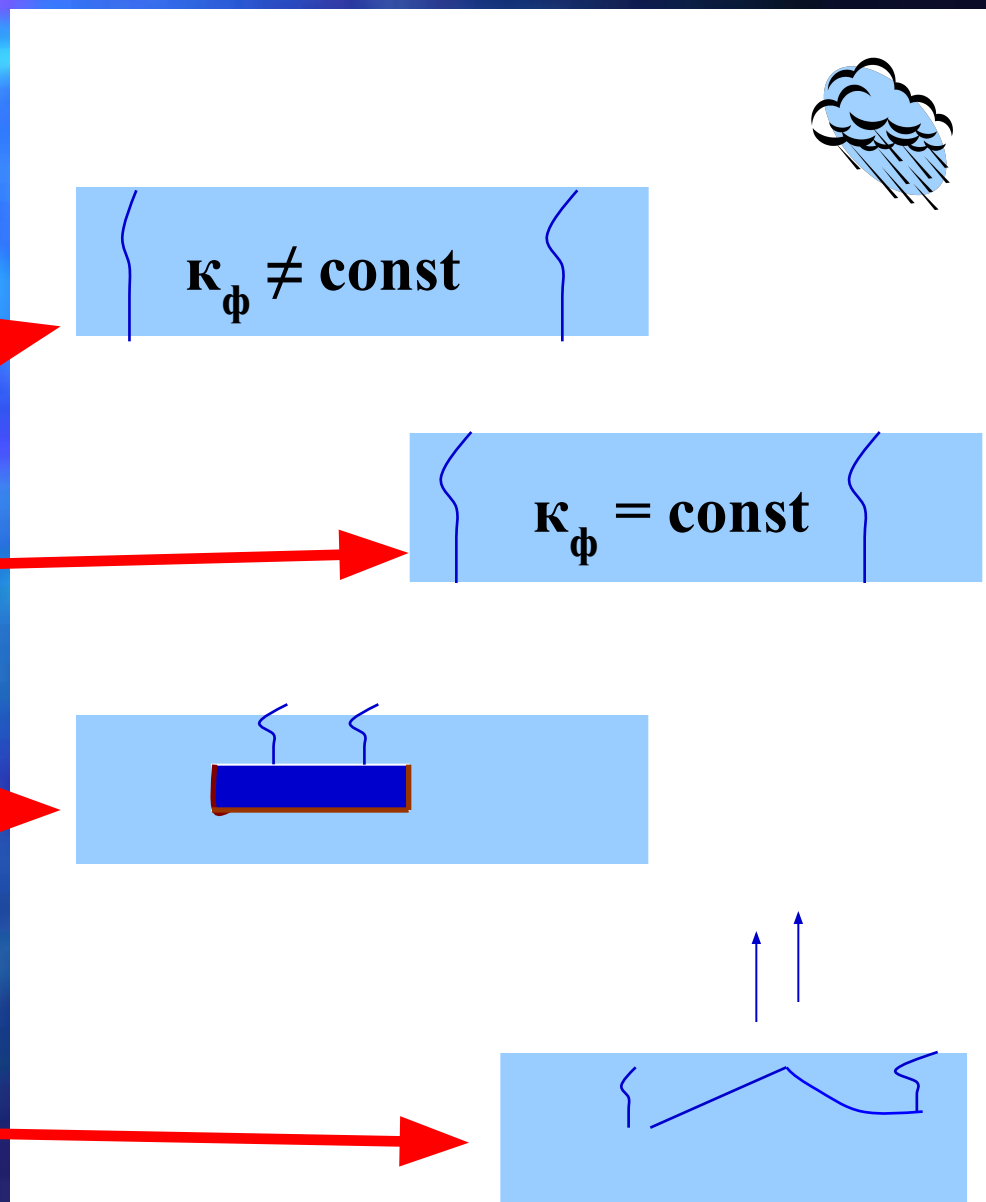
# Процессы в зоне аэрации

■ инфильтрация

■ фильтрация

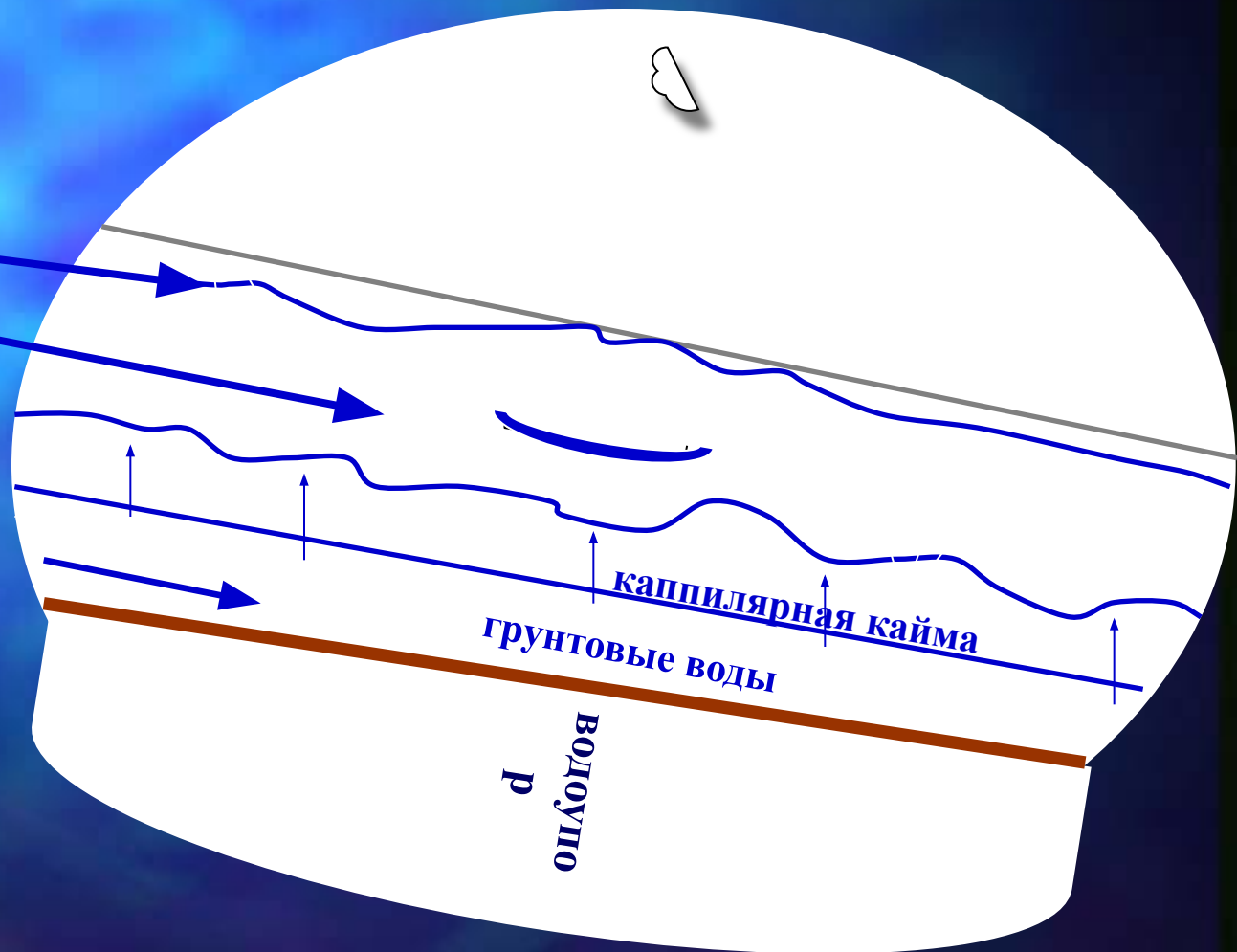
■ накопление  
подземных вод

■ десукция



# Воды зоны аэрации

- почвенная влага
- верховодка
- капиллярная кайма



# Характеристика почвенных вод

---

- формируются в верхнем (1,0-1,5 м) слое почвы
- временное скопление воды
- не образуют непрерывного водоносного горизонта
- возникают при сильных дождях и снеготаянии
- используются растениями

# Высачивание почвенных вод в период снеготаяния





# Характеристика верховодки

---

- формируется при наличии слабопроницаемых грунтов
- временные, сезонные скопления воды
- мощность слоя воды 0,4-1,0 м



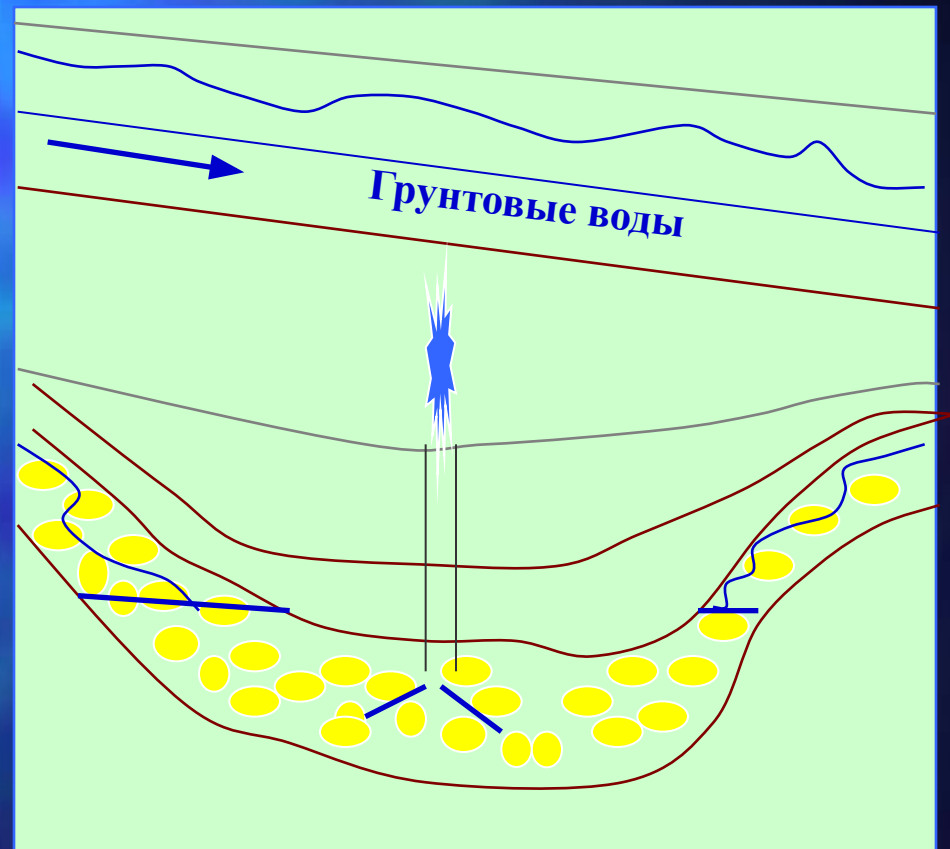
# Капиллярная кайма

---

- формируется за счет подъема грунтовых вод по капиллярам
- участвует в формировании почвенных вод
- источник воды для растений

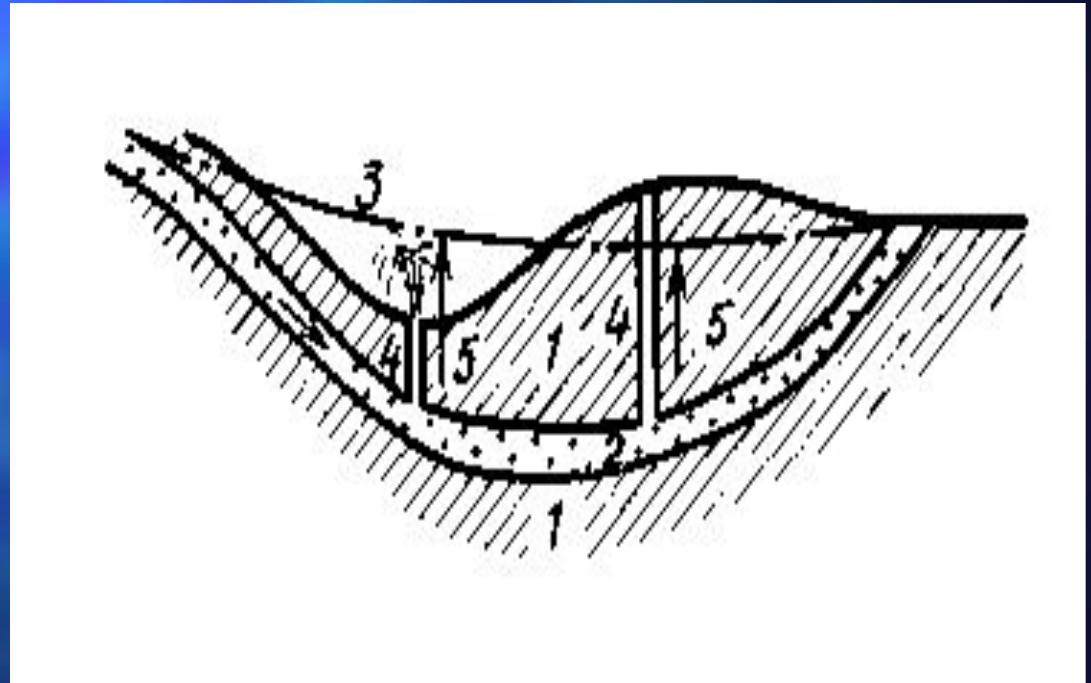
# Воды зоны насыщения

- безнапорные (грунтовые)
- напорные (артезианские)



# Артезианские воды

**Это напорные  
воды (2),  
залегающие  
между  
водоупорным  
и пластами  
(1)**





# Выброс воды из артезианской скважины на берегу Сухоны



*Фото Н.Л. Фроловой*

# Характеристика артезианских вод

---

- залегают ниже грунтовых вод
- поднимаются вверх под влиянием пьезометрического напора
- имеют более стабильный режим
- меньше подвержены загрязнению
- источник питьевой воды



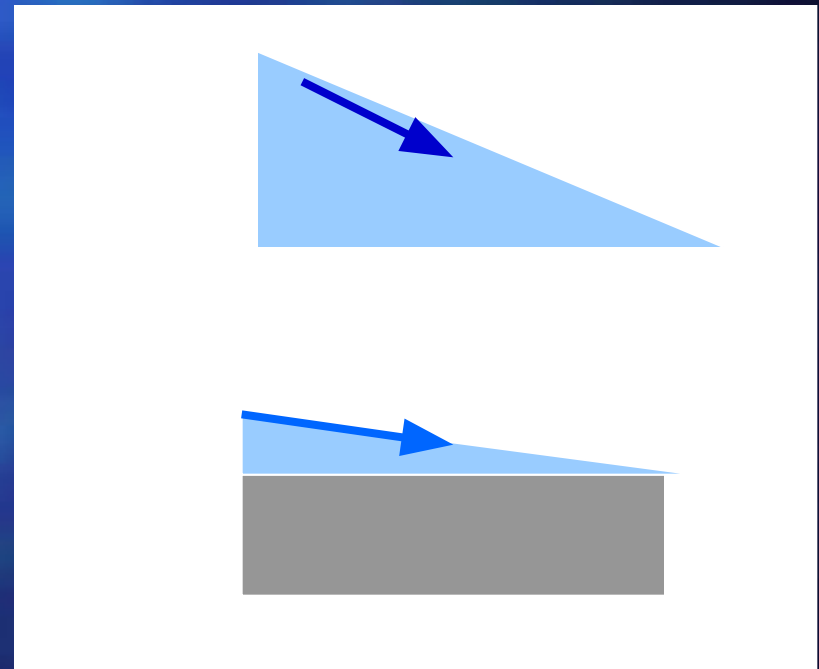
**Движение подземных вод.  
Закон фильтрации Дарси.  
Режим грунтовых вод.**



# Виды движения воды в зоне насыщения

- фильтрация

- перемещение в сторону уклона водоупора или в сторону уменьшения пьезометрического напора



# Закон фильтрации Дарси

$$V_{\phi} = k_{\phi} I$$

$k_{\phi}$  – коэффициент фильтрации  
(м/сут)

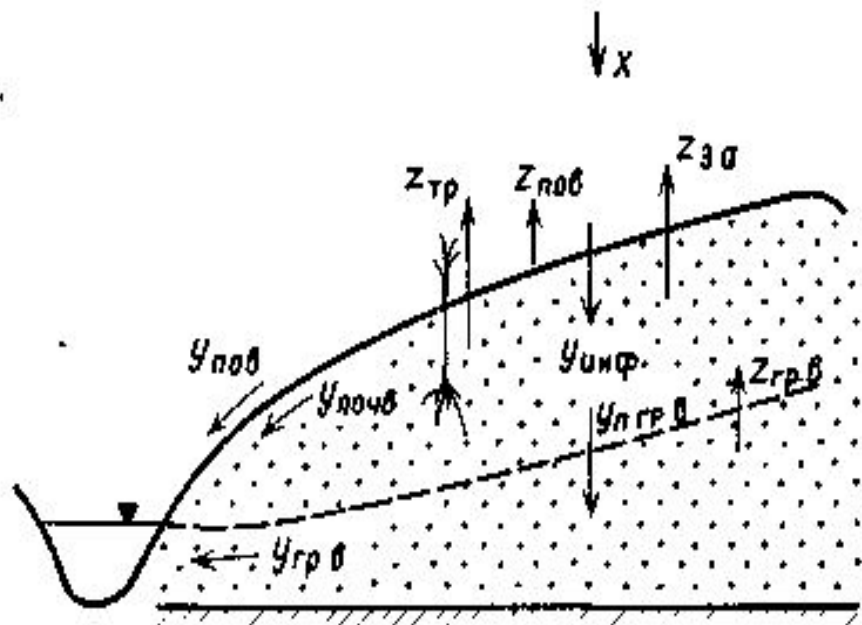
$I$  – уклон водоупора или зеркала  
артезианских вод (безразмерная  
величина)

$V_{\phi}$  – скорость фильтрации (м/сут)

# Характеристика процесса фильтрации

- движение ламинарное
- скорость процесса зависит от типа грунта, изменяется от  $10^{-6}$  до  $10^2$  м/сутки
- различают свободное и напорное просачивание, инфильтрацию и фильтрацию подземных вод

# Уравнение баланса подземных ВОД



$$(y + z \pm y_{гр.в.}) - x = \Delta M = - \Delta u$$



# Типы водного режима зоны аэрации

- промывной  $I > I_c + Д$
- компенсированный  $I = I_c + Д$
- испарительный  $I < I_c + Д$

$I$  – инфильтрация,  $I_c$  – испарение,  $Д$  – десукция

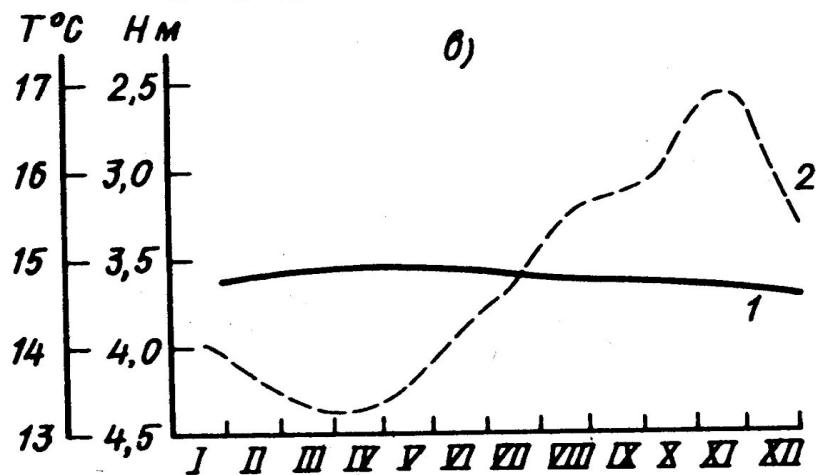
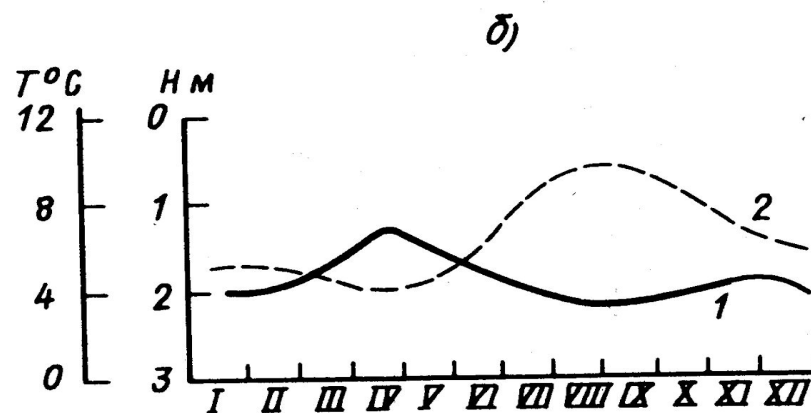
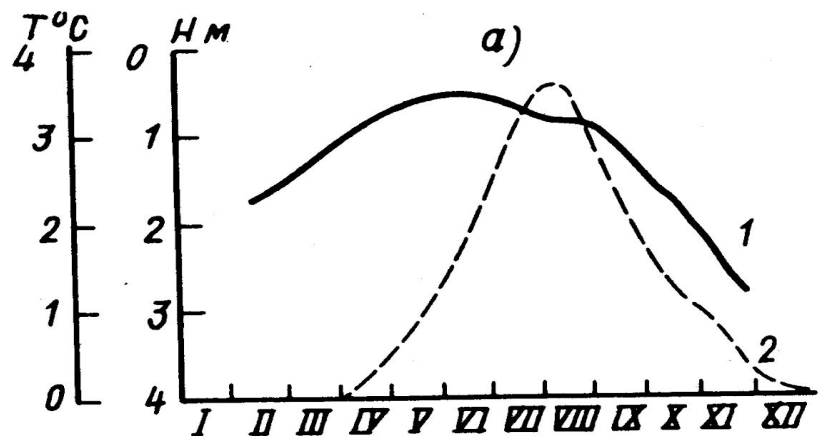
# Режим грунтовых вод

---

- пространственно-временные изменения уровня воды, температуры и минерализации
- зависит от климатических факторов
- изменяется под влиянием поверхностных вод
- зависит от специфики геологических условий



# Изменение уровня (1) и температуры (2) грунтовых вод при кратковременном (а), сезонном (б) и круглогодичном питании (в)



# Особенности термического режима

- результат колебаний температуры воздуха и просачивающихся вод
- с глубиной колебания температуры грунтовых вод быстро затухают
- зона с постоянной температурой воды расположена на глубине несколько метров
- наиболее глубоко (до 41 м) она расположена в районах континентального климата

# Гидрохимический режим грунтовых вод

---

- зависит от типа водного режима
- связан с разбавляющей способностью поверхностных вод, интенсивностью испарения
- имеет сезонный характер
- закономерно изменяется по широте

---

**Взаимодействие поверхностных  
и подземных вод. Роль  
грунтовых вод в питании рек.**

# Типы взаимодействия

- постоянная гидравлическая связь
- временная гидравлическая связь
- отсутствие взаимодействия



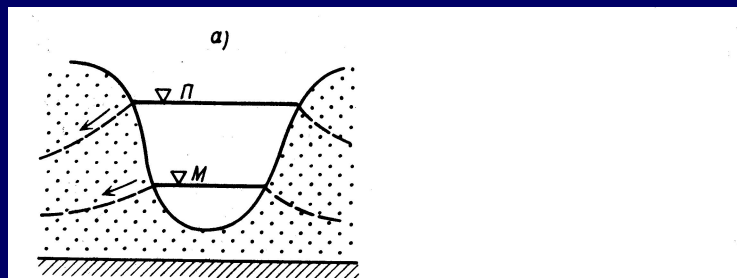
# Подтипы постоянной гидравлической связи

- односторонняя
- двухсторонняя



# Постоянная односторонняя гидравлическая связь

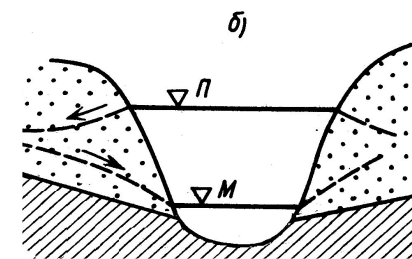
- низкое положение водоупора и уровня грунтовых вод
- река постоянно подпитывает подземные воды



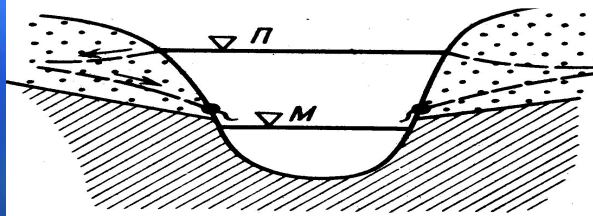
**характерно для  
карстовых районов,  
горных рек аридной  
зоны**

# Периодическая двухсторонняя связь – береговое регулирование

- река питает грунтовые воды в половодье
- в реку поступают грунтовые воды в межень

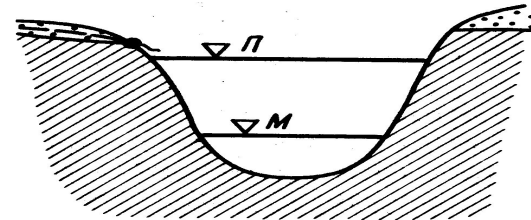


# Временное взаимодействие поверхностных и грунтовых вод

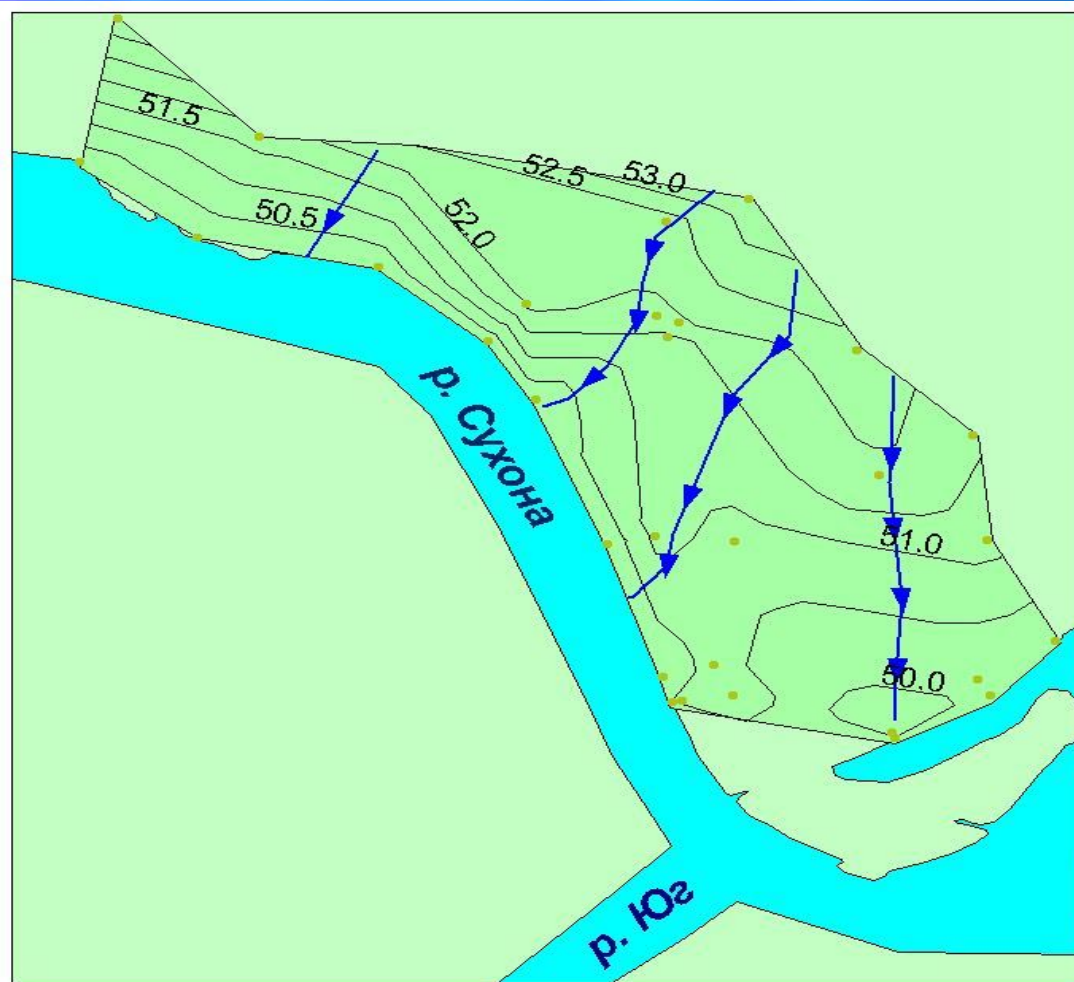


при разрыве  
гидравлической  
связи на склонах  
появляются  
мочажины,  
родники

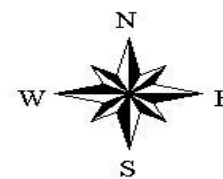
# Отсутствие гидравлического взаимодействия поверхностных и подземных вод



# Русловое регулирование р.Сухона в период межени

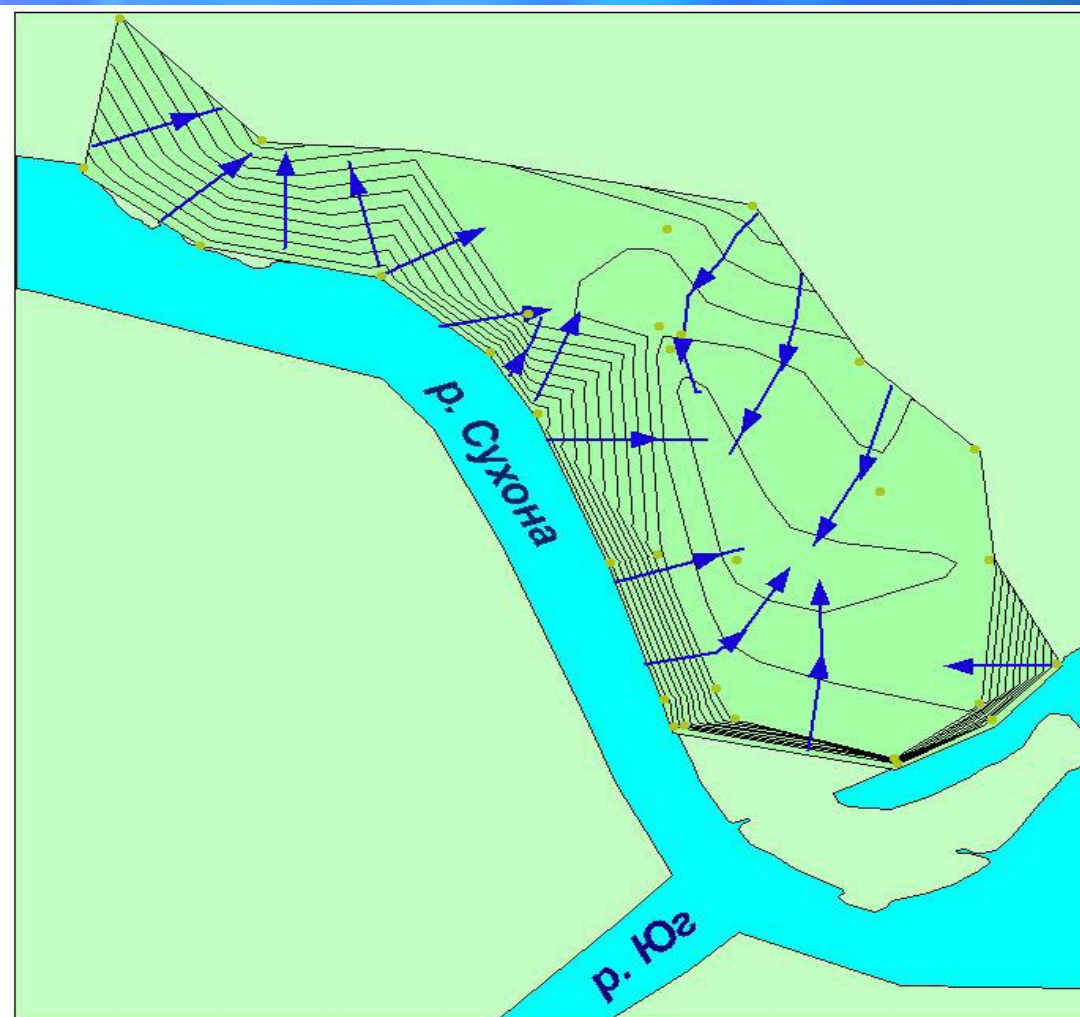


- скважины
- основные направления потока грунтовых вод
- изолинии уровня грунтовых вод
- контур изученной территории
- река

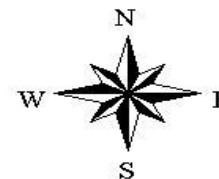




# Русловое регулирование р. Сухона в период половодья



- скважины
- ↗ основные направления потока грунтовых вод
- изолинии уровня грунтовых вод
- контур изученной территории
- река



# Роль подземных вод

---

- формируют в среднем 30% стока воды в руслах рек
- в межень могут формировать до 100% стока воды
- отличаются хорошим качеством и часто используются в водоснабжении
- провоцируют опасные процессы (карст, оползни и т.п.)