



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_{Γ} – масса грунта, кг

V_{Γ} – объем грунта, м³

Соотношение плотности и минерального состава грунта

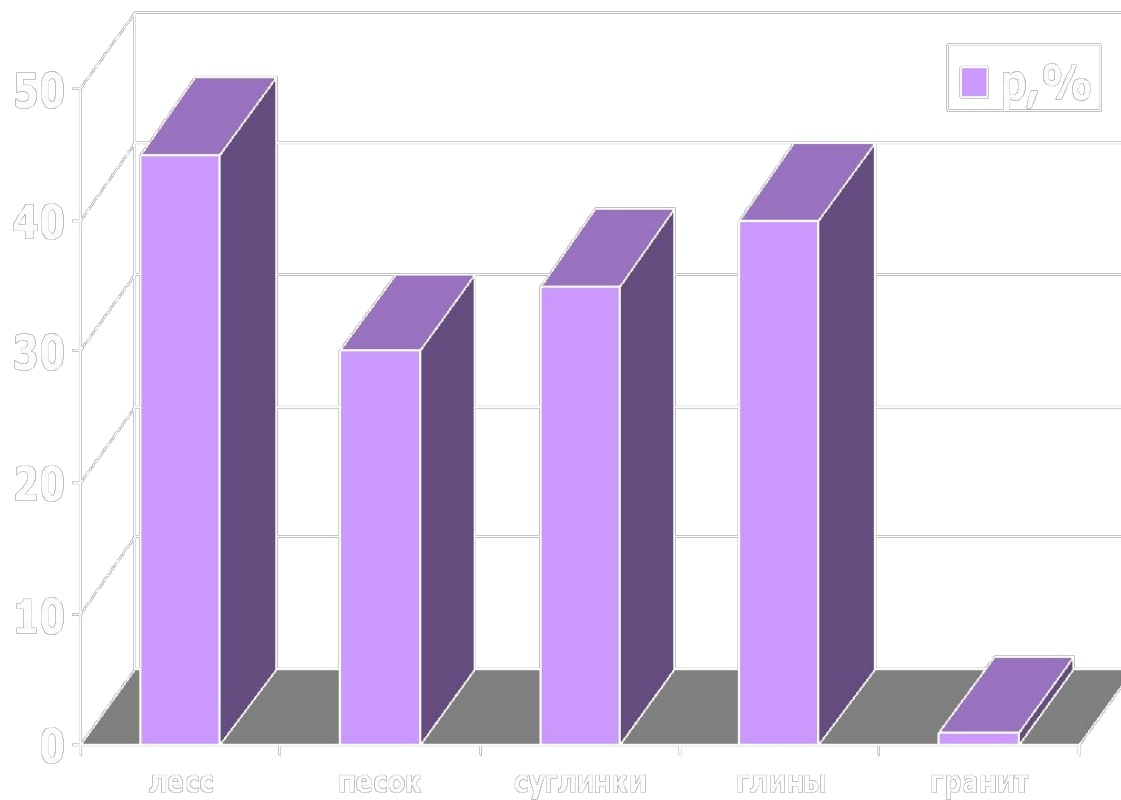
Минеральный состав грунта	Плотность, кг/м ³
песок	2650
супесь	2700
суглинок	2710
глина	2740

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

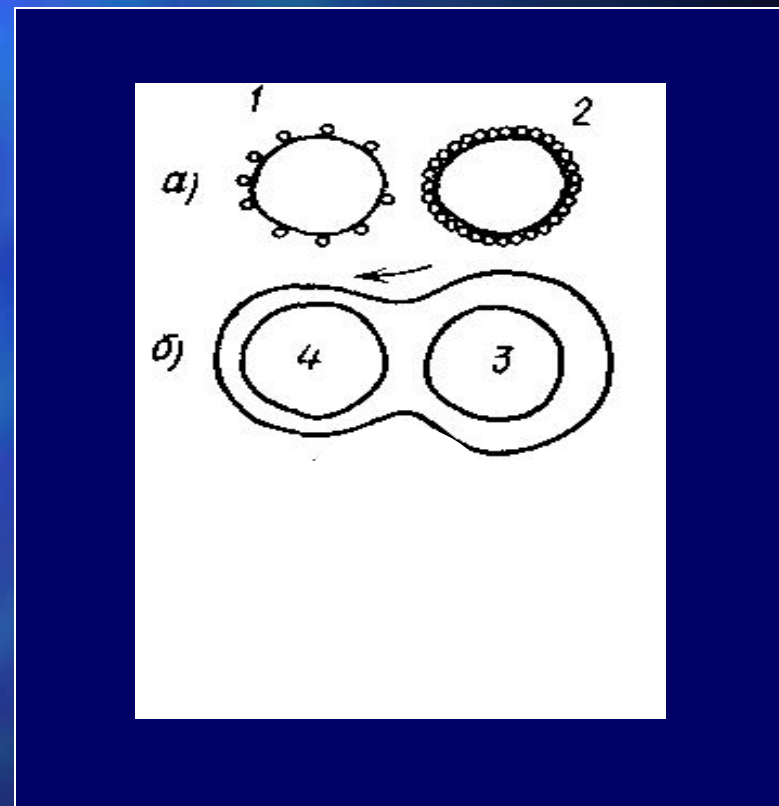
- **химически связанная вода** – входит в состав минералов (гипс – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) – выделяется при высокой температуре
- **физически связанная вода** – удерживается на поверхности частиц молекулярными силами

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 90-120⁰С

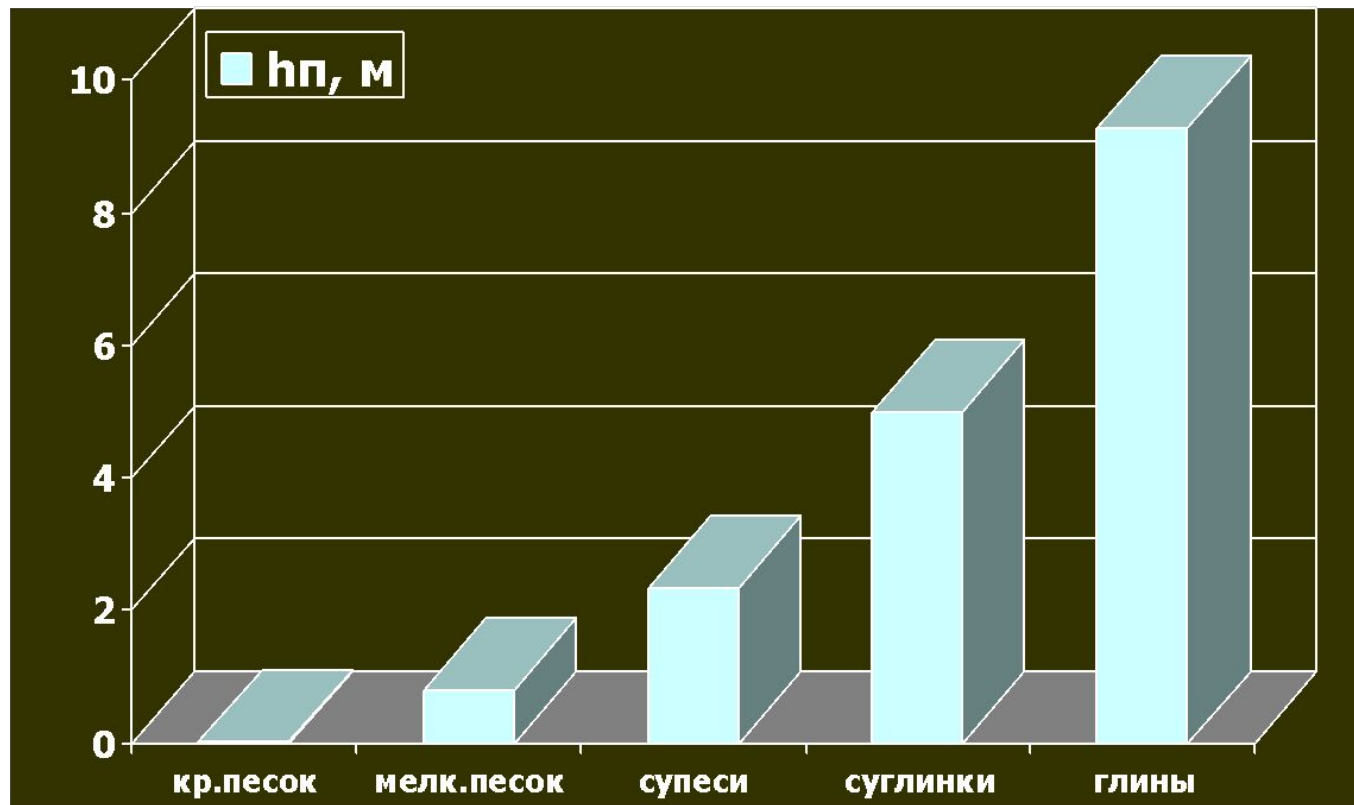
Пленочная вода

- 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 $h_{\text{п}}$



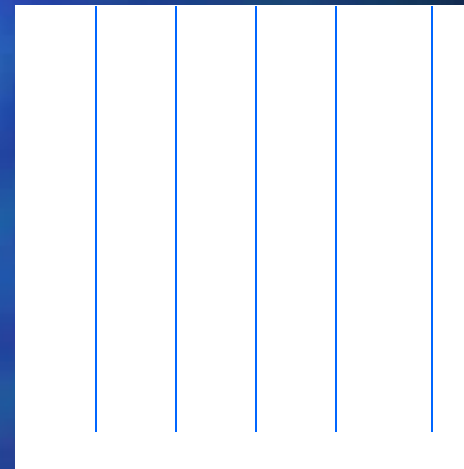
Виды капиллярной воды

- 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_Γ – масса грунта и воды,

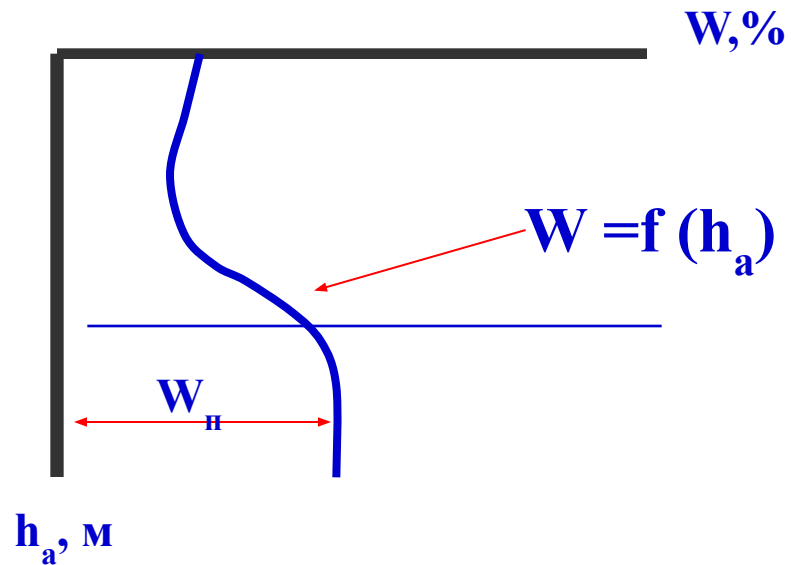
m_C – масса высушенного грунта,

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**

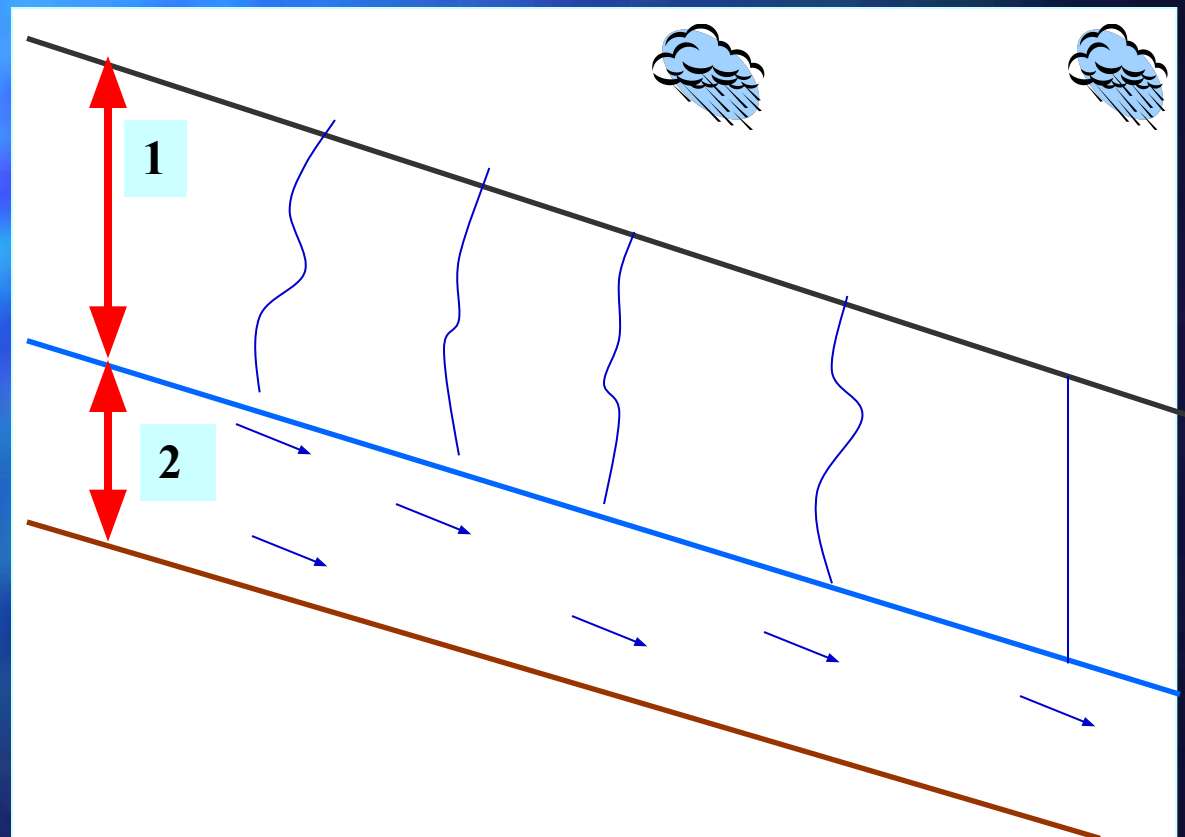
Изменчивость водопроницаемости

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, скальные породы	$< 10^{-6}$	непроницаемые, 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)



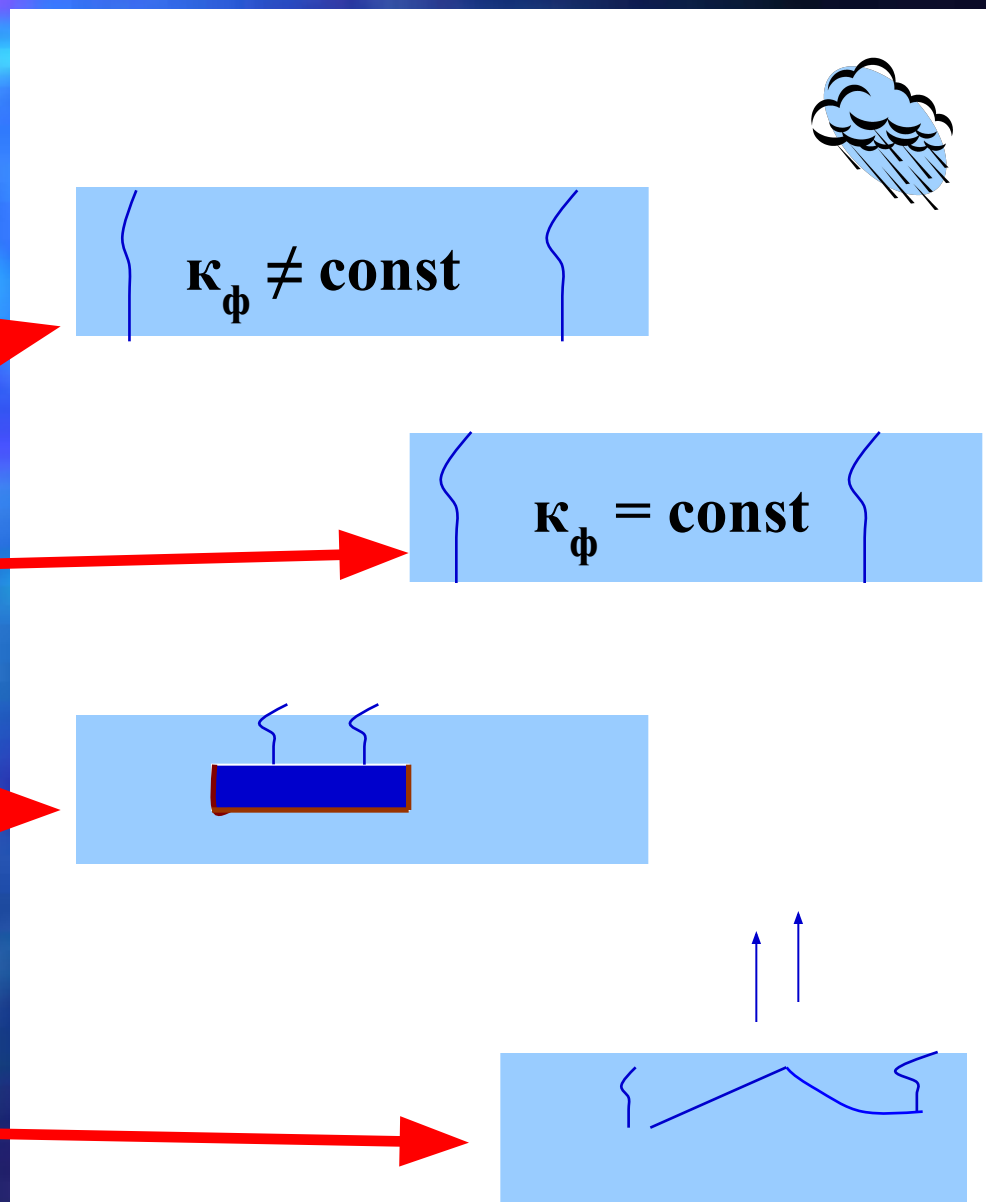
Процессы в зоне аэрации

■ инфильтрация

■ фильтрация

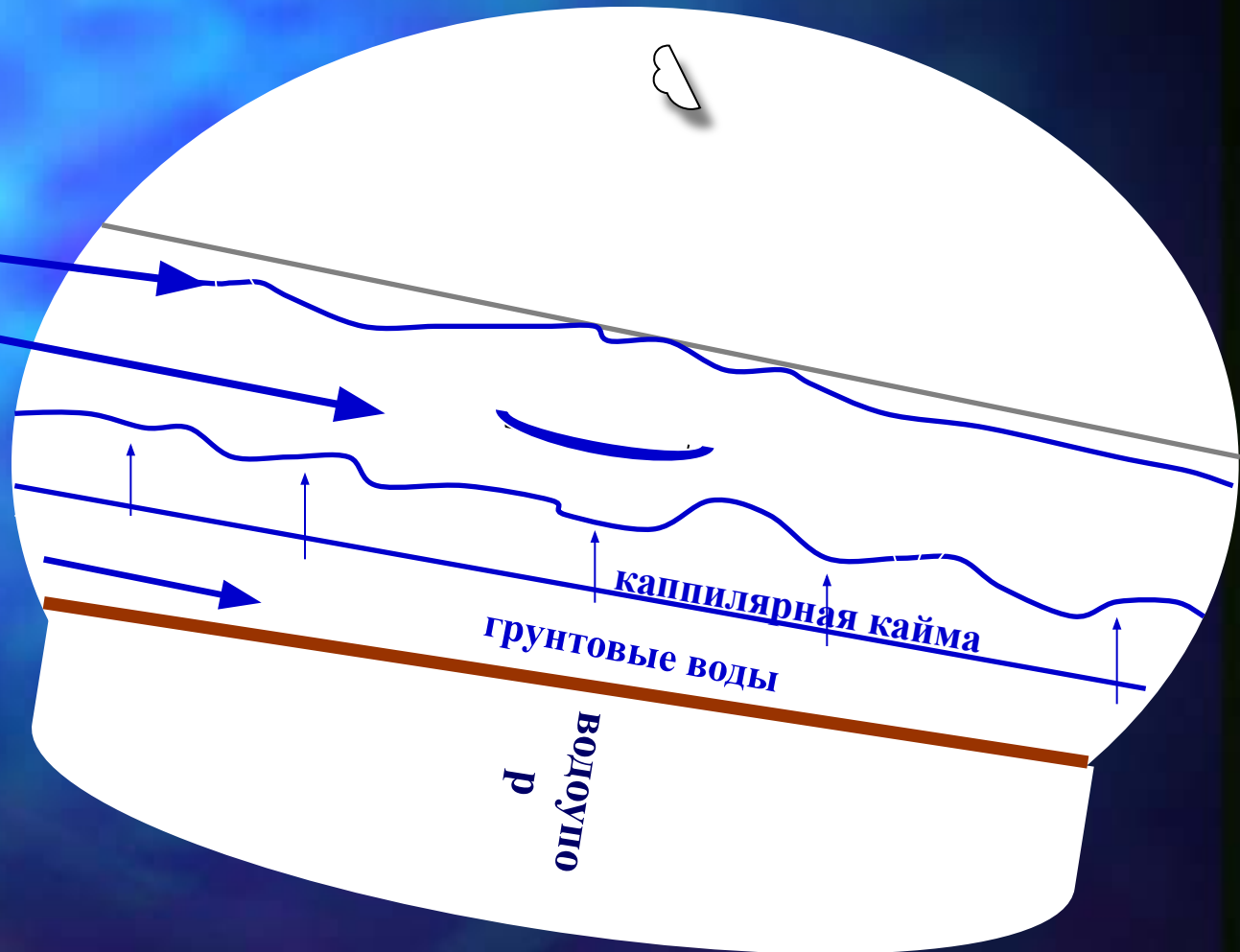
■ накопление
подземных вод

■ 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

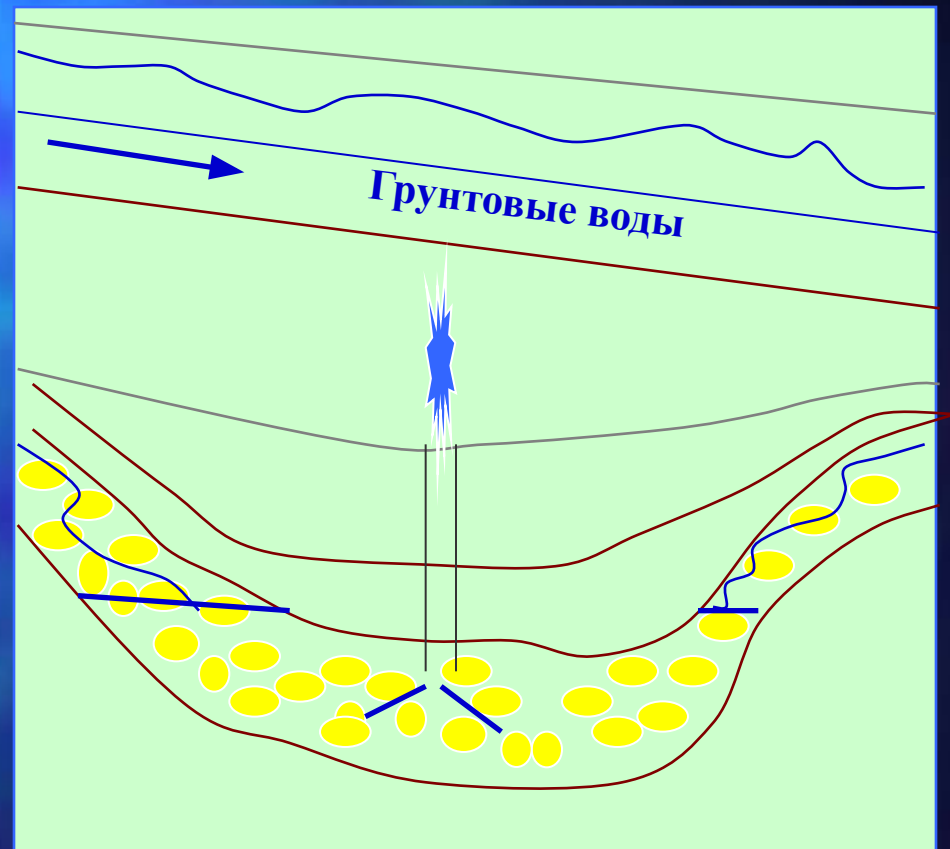
- формируется при наличии слабопроницаемых грунтов
- временные, сезонные скопления воды
- мощность слоя воды 0,4-1,0 м

Капиллярная кайма

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

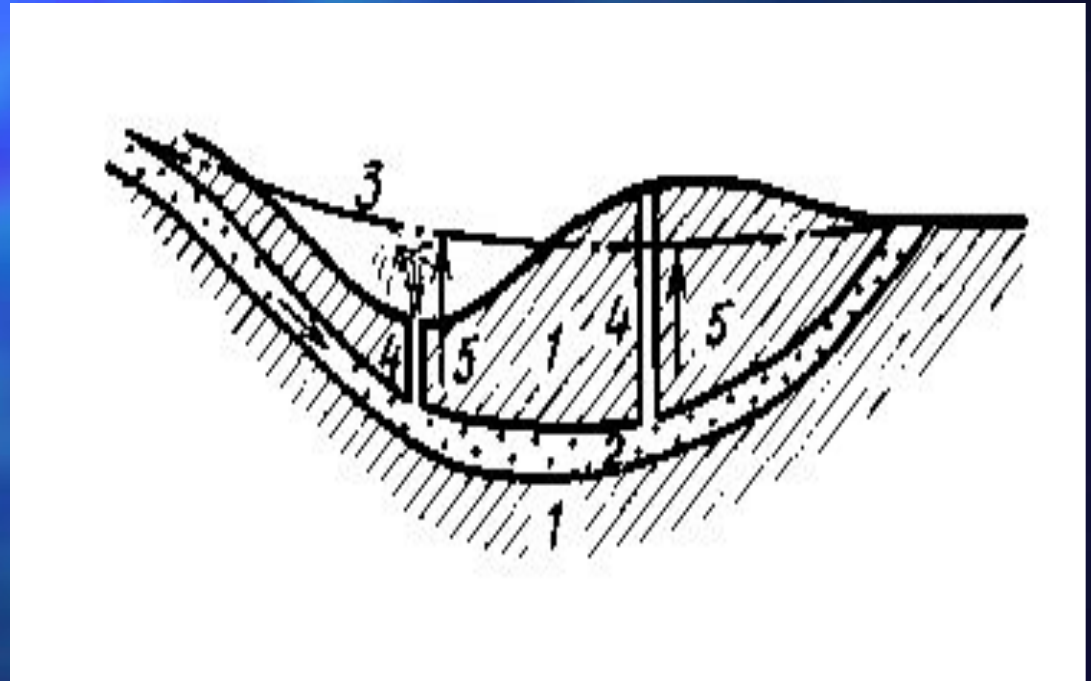
Воды зоны насыщения

- 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

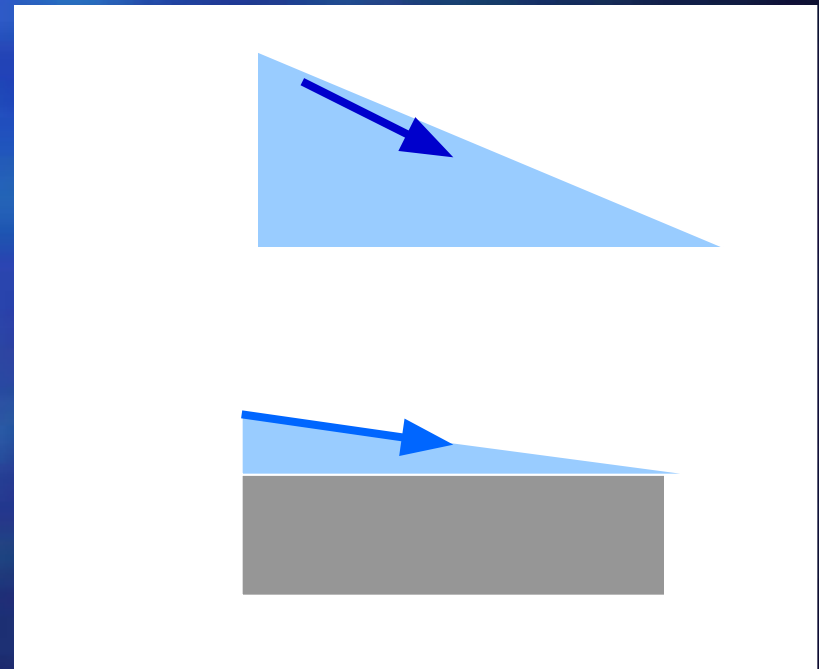
- залегают ниже грунтовых вод
- поднимаются вверх под влиянием пьезометрического напора
- имеют более стабильный режим
- меньше подвержены загрязнению
- источник питьевой воды

**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_{ϕ} – коэффициент фильтрации
(м/сут)

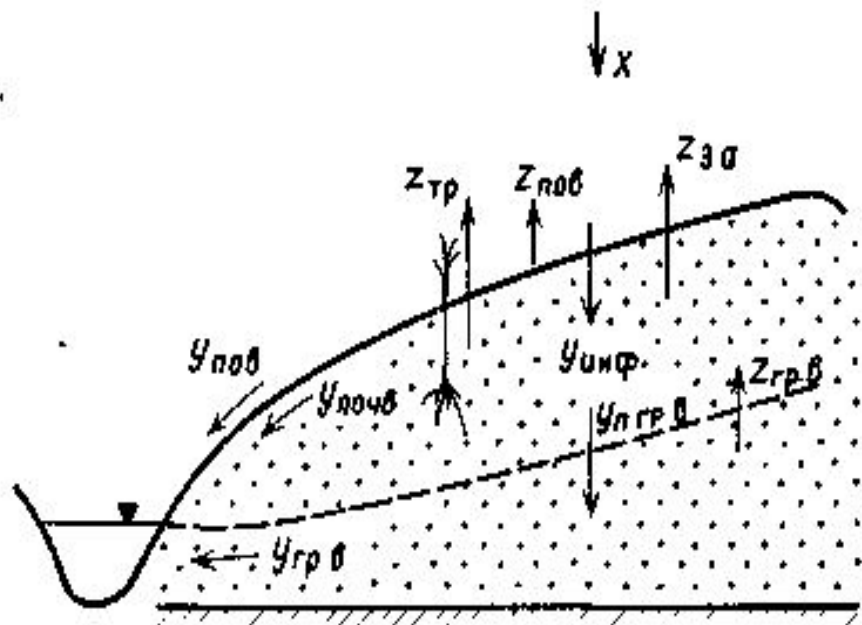
I – уклон водоупора или зеркала
артезианских вод (безразмерная
величина)

V_{ϕ} – 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



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

Типы водного режима зоны аэрации

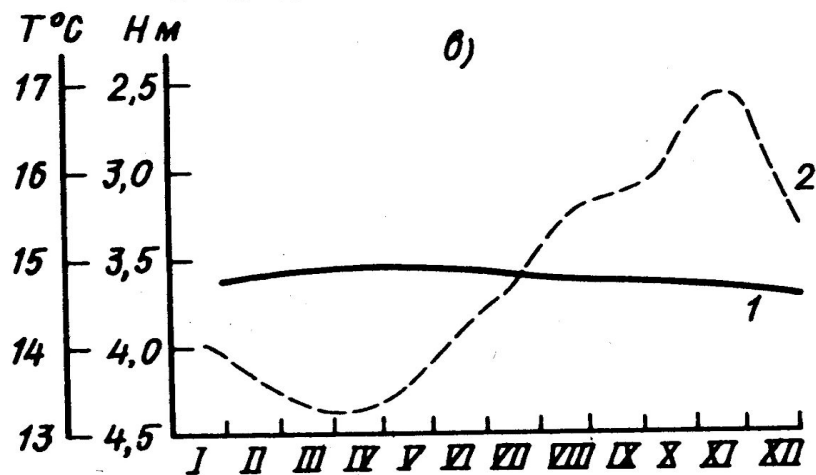
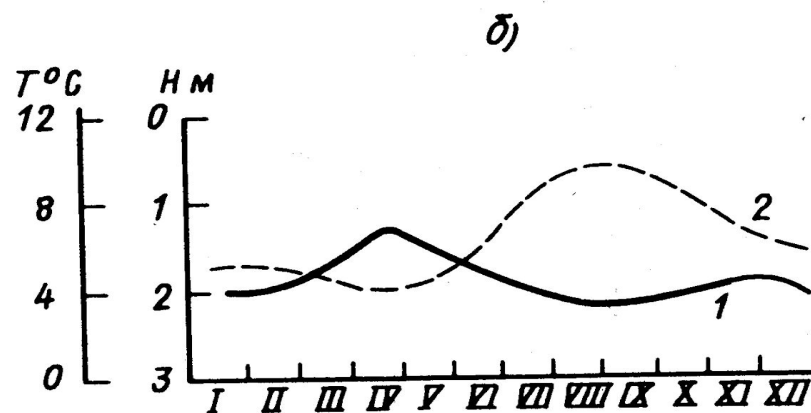
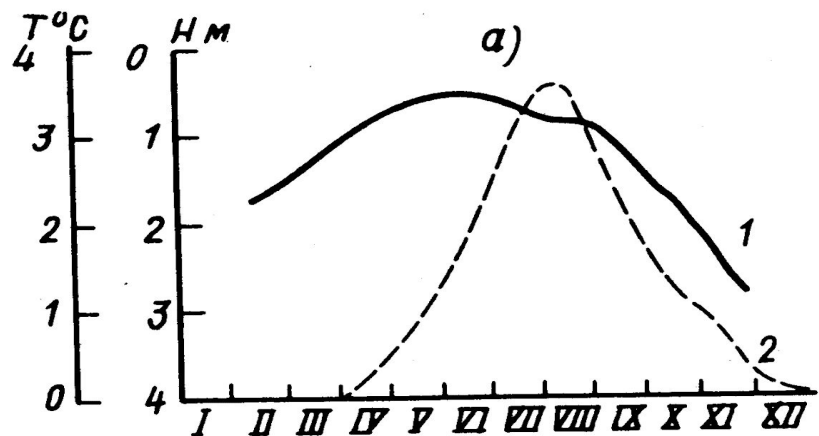
- промывной $I > I_c + Д$
- компенсированный $I = I_c + Д$
- испарительный $I < I_c + Д$

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

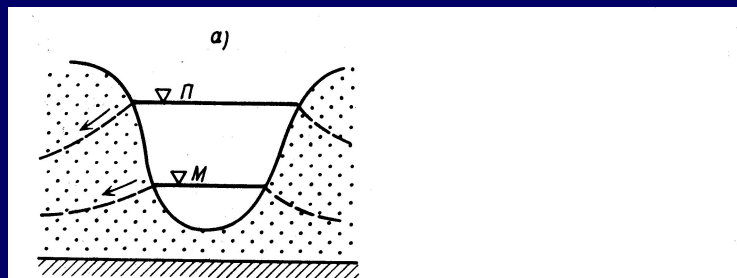
- постоянная гидравлическая связь
- временная гидравлическая связь
- отсутствие взаимодействия

Подтипы постоянной гидравлической связи

- односторонняя
- двухсторонняя

Постоянная односторонняя гидравлическая связь

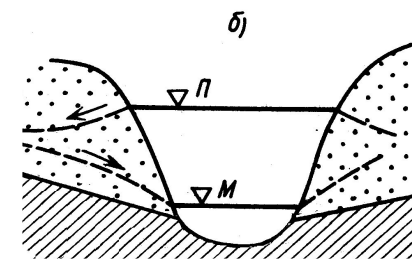
- низкое положение водоупора и уровня грунтовых вод
- река постоянно подпитывает подземные воды



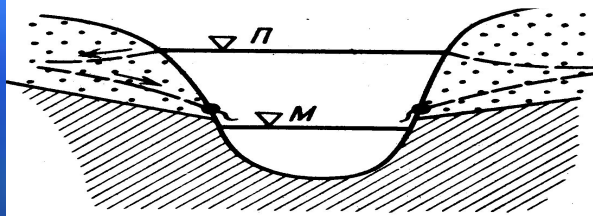
**характерно для
карстовых районов,
горных рек аридной
зоны**

Периодическая двухсторонняя связь – береговое регулирование

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

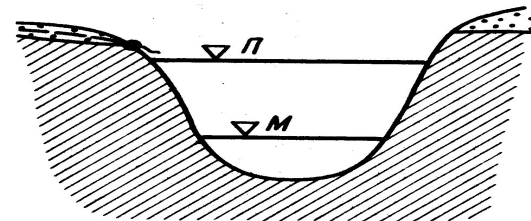


Временное взаимодействие поверхностных и грунтовых вод

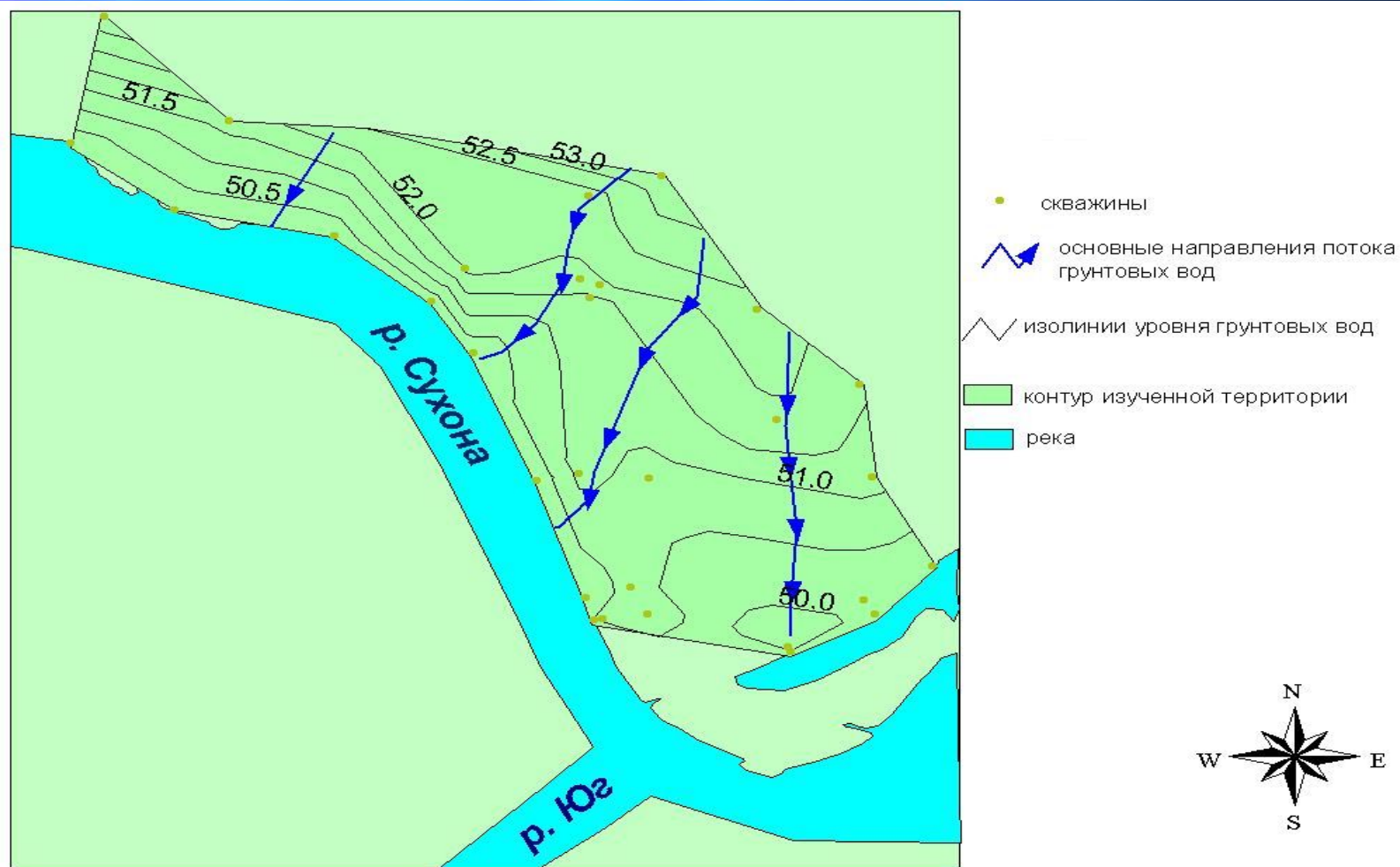


при разрыве
гидравлической
связи на склонах
появляются
мочажины,
родники

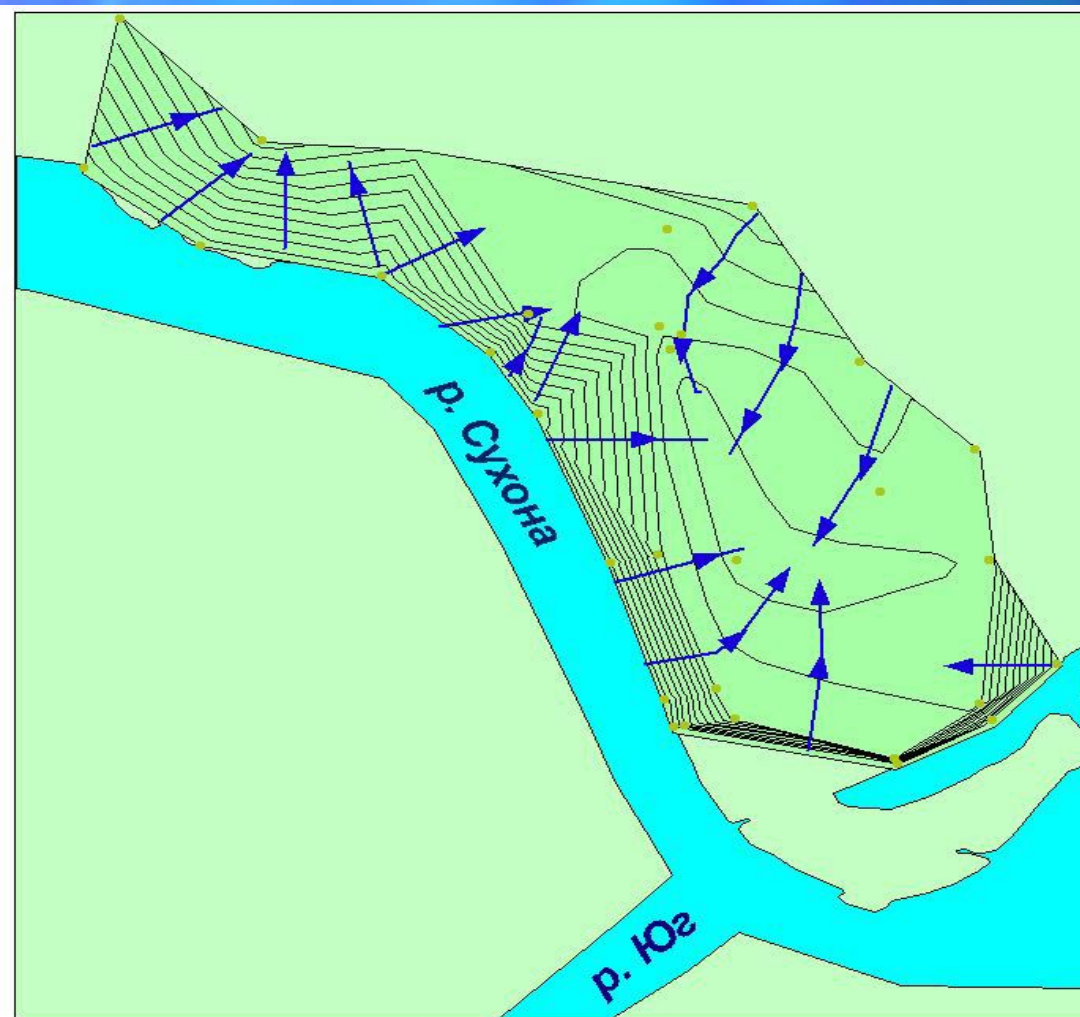
Отсутствие гидравлического взаимодействия поверхностных и подземных вод



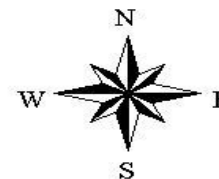
Русловое регулирование р.Сухона в период межени



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.)