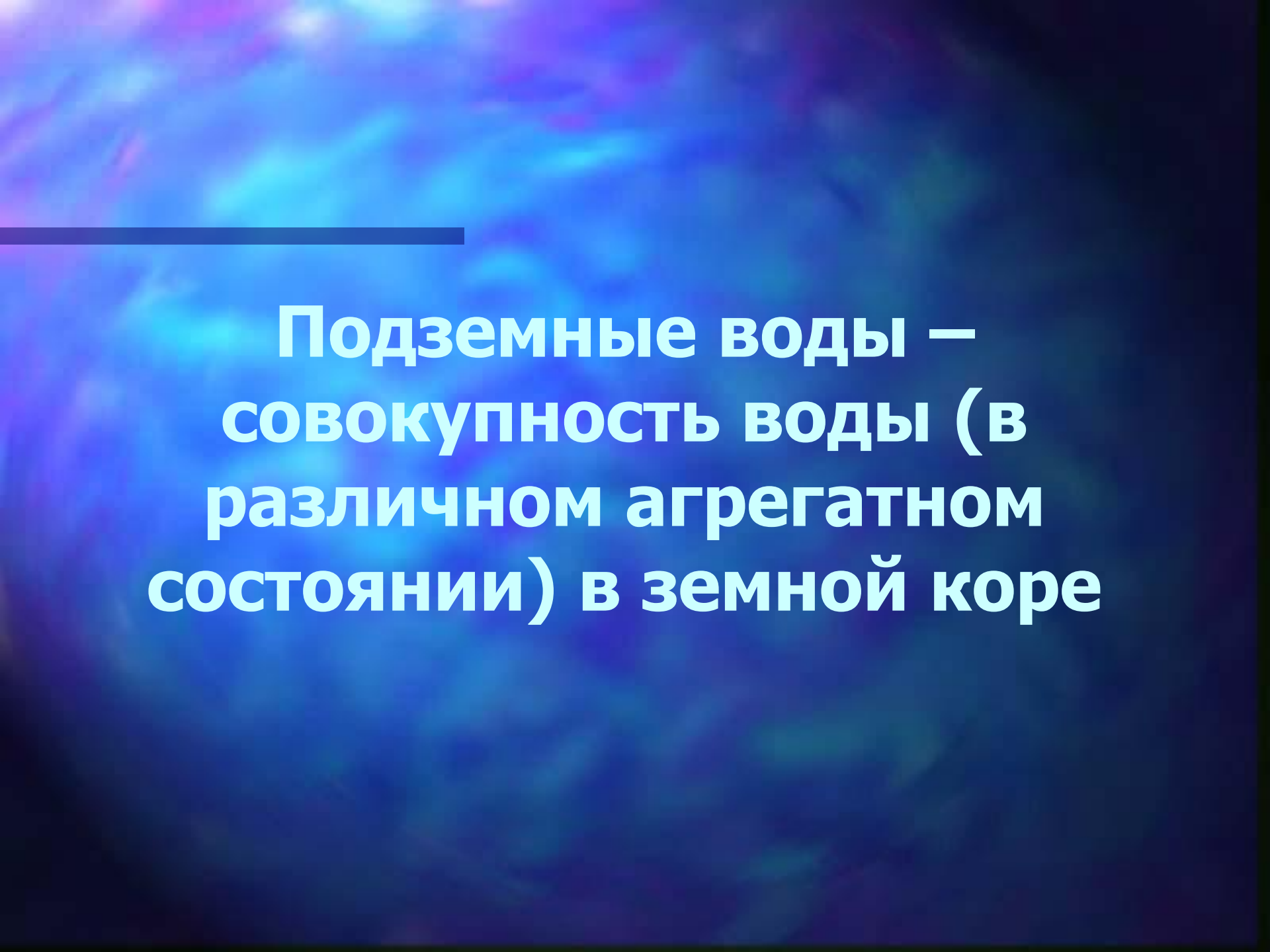


The background is an abstract, textured surface with a color gradient from deep blue to purple. A solid dark blue horizontal line is positioned in the upper left quadrant. The title text is centered in the lower half of the image.

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

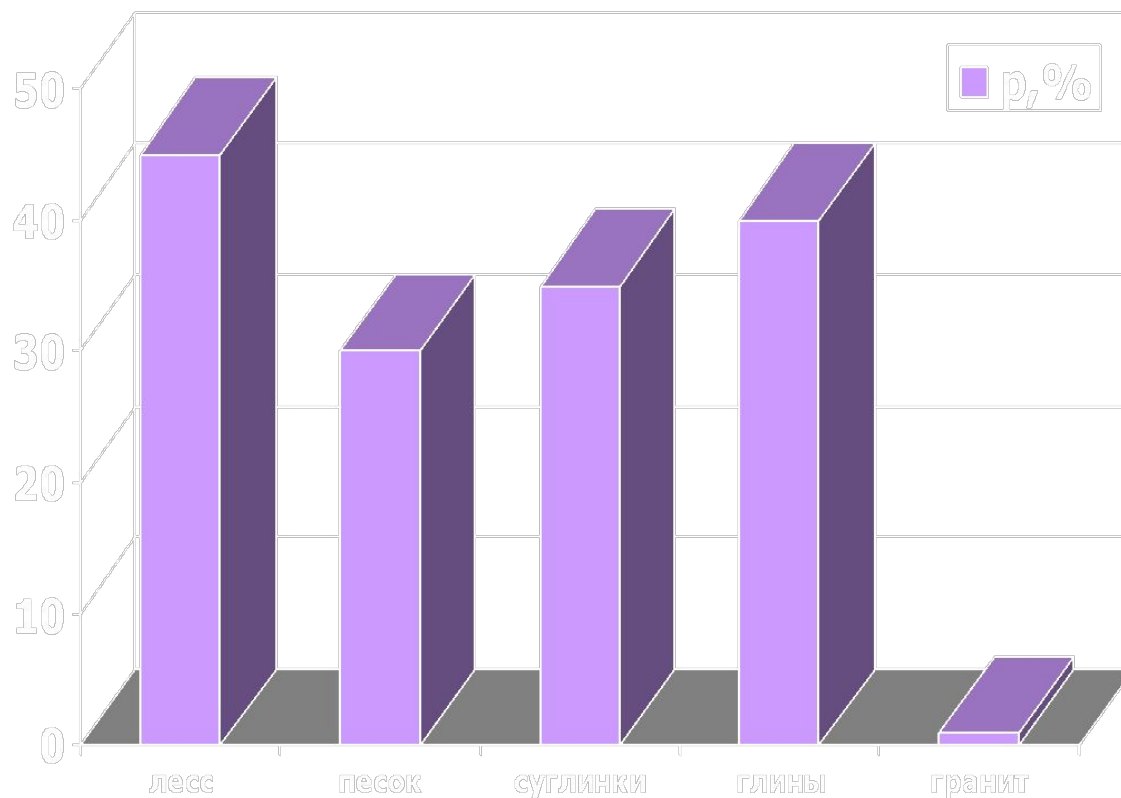
Минеральный состав грунта	Плотность, кг/м ³
песок	2650
супесь	2700
суглинок	2710
глина	2740

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

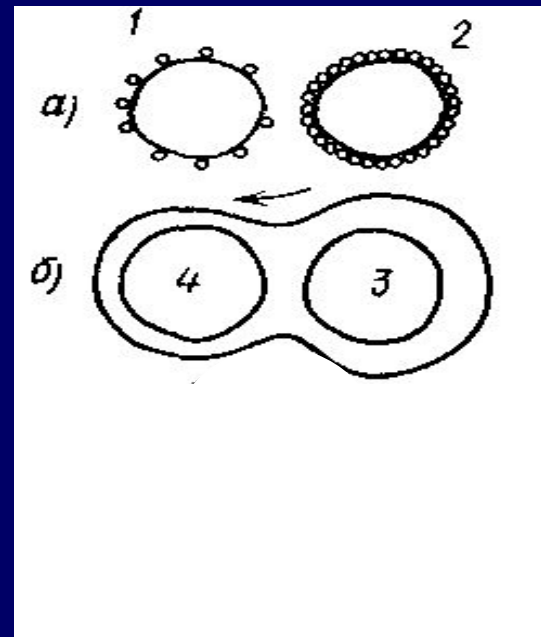
- **химически связанная вода** —
входит в состав минералов (гипс — $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) — выделяется при высокой температуре
- **физически связанная вода** —
удерживается на поверхности частиц молекулярными силами

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

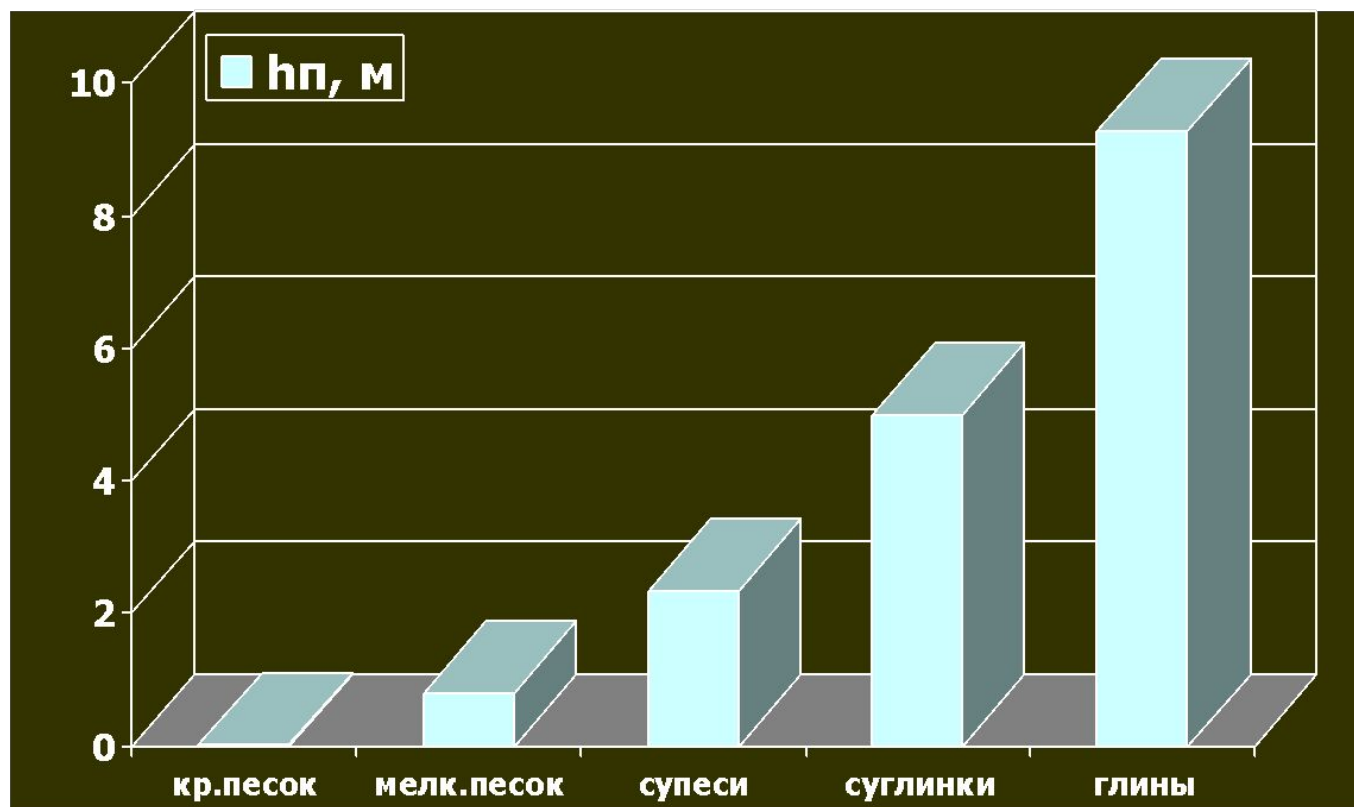
Пленочная вода

- 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 $h_{\text{п}}$



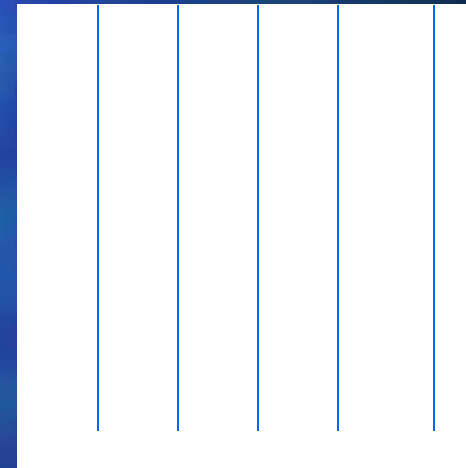
Виды капиллярной воды

- 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 (%)

$$W = 100m_{\text{в}}/m_{\text{с}} = 100 (m_{\text{г}} - m_{\text{с}})/m_{\text{с}}$$

$m_{\text{г}}$ – масса грунта и воды,

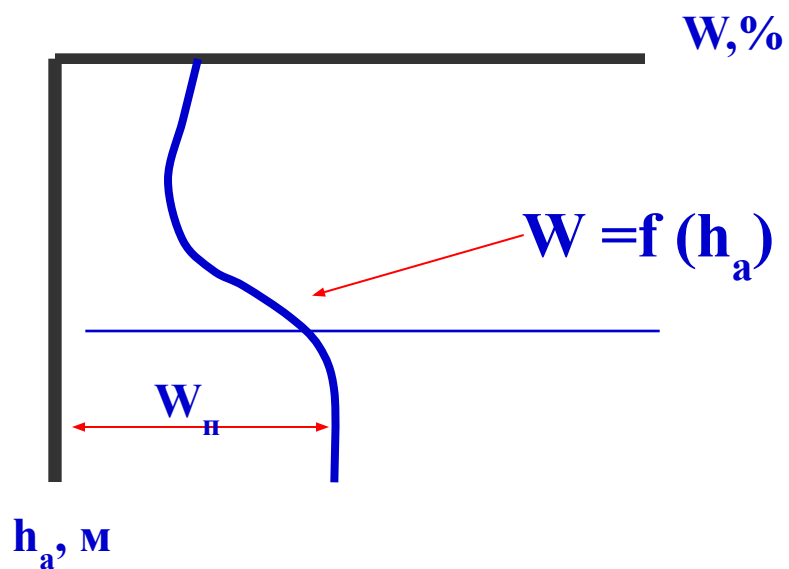
$m_{\text{с}}$ – масса высушенного грунта,

$m_{\text{в}}$ – 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**

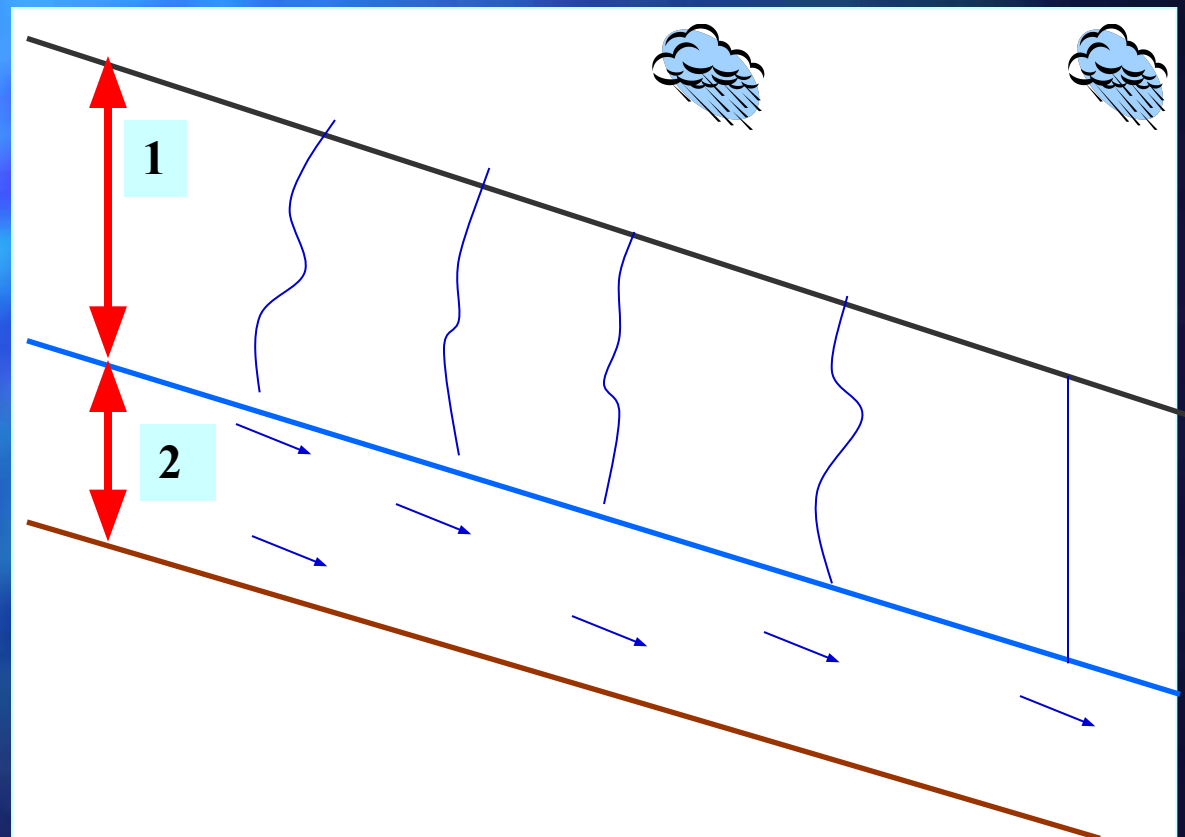
Изменчивость водопроницаемости

Тип грунта	Коэффициент фильтрации, м/сутки	Степень водопрони- цаемости
гравий, галька	$> 10^2$	высокая
песок	$10^{-1} - 10^2$	хорошая
суглинки	$10^{-6} - 10^{-1}$	слабая
глина, скальные породы	$< 10^{-6}$	непрони- цаемые, 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)



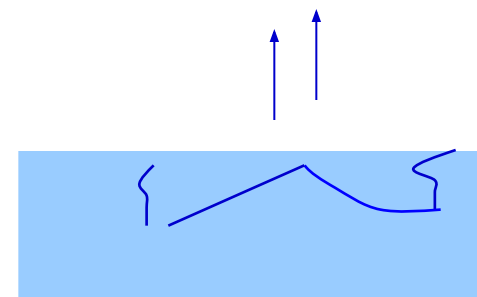
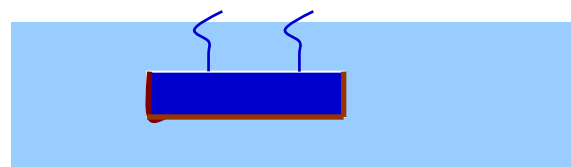
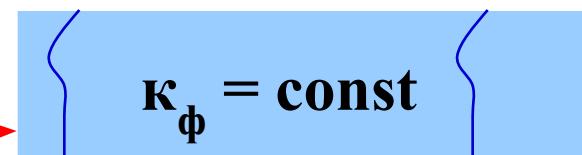
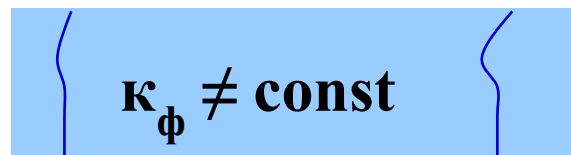
Процессы в зоне аэрации

- инфильтрация

- фильтрация

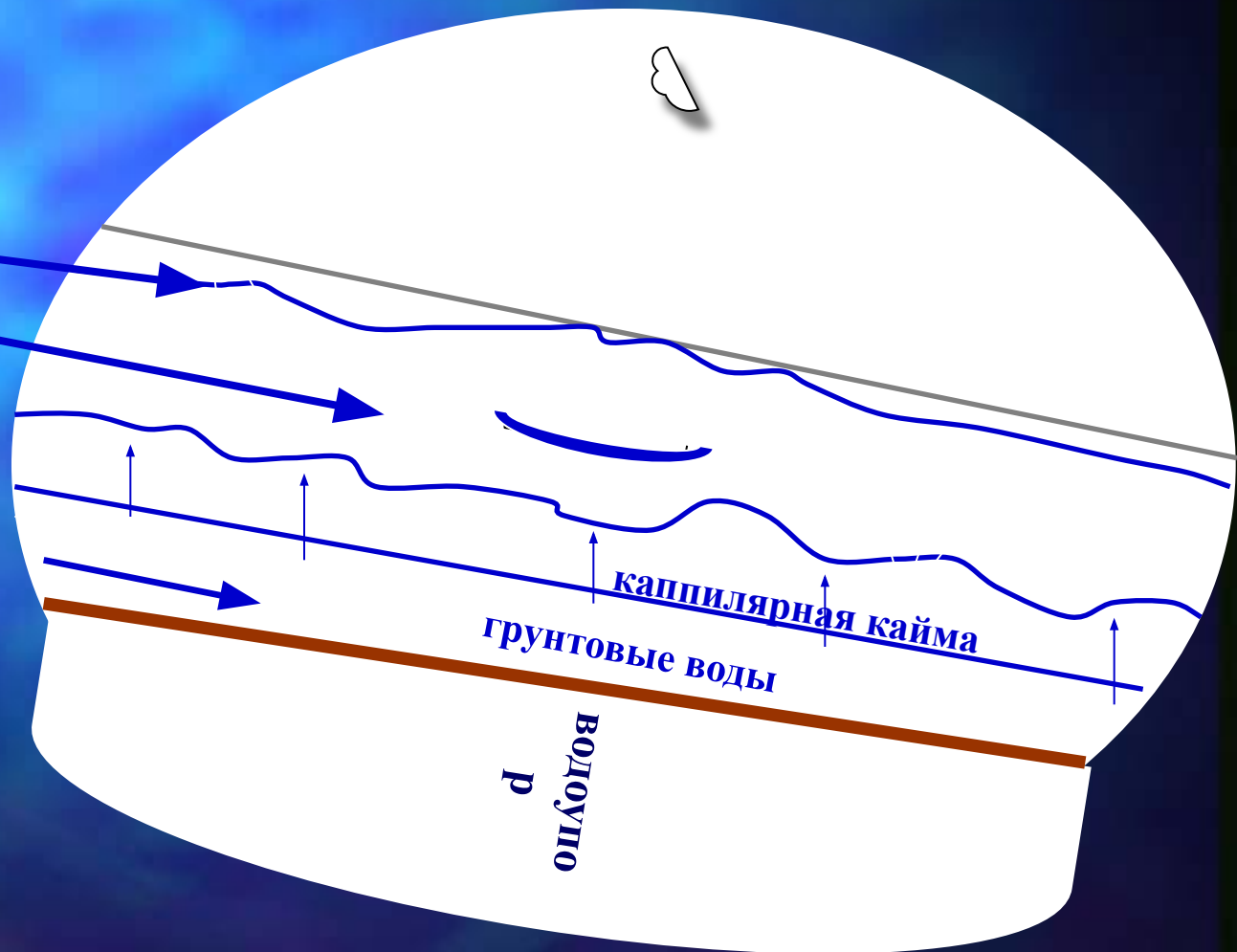
- накопление
подземных вод

- 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

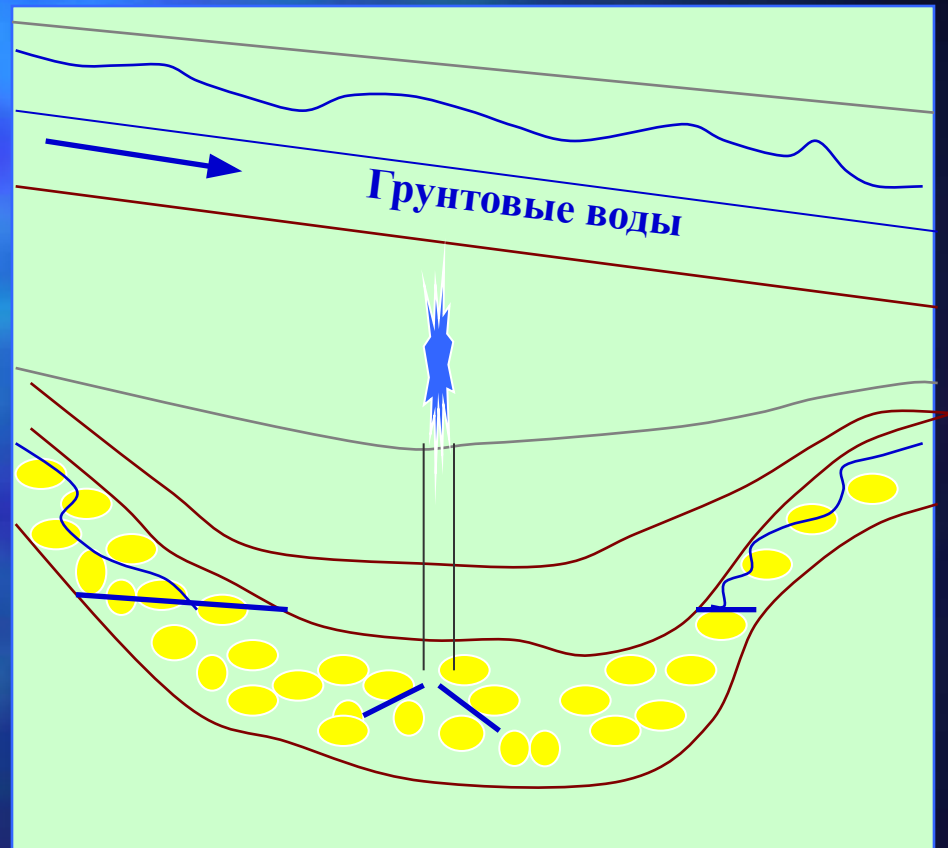
- формируется при наличии слабопроницаемых грунтов
- временные, сезонные скопления воды
- мощность слоя воды 0,4-1,0 м

Капиллярная кайма

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

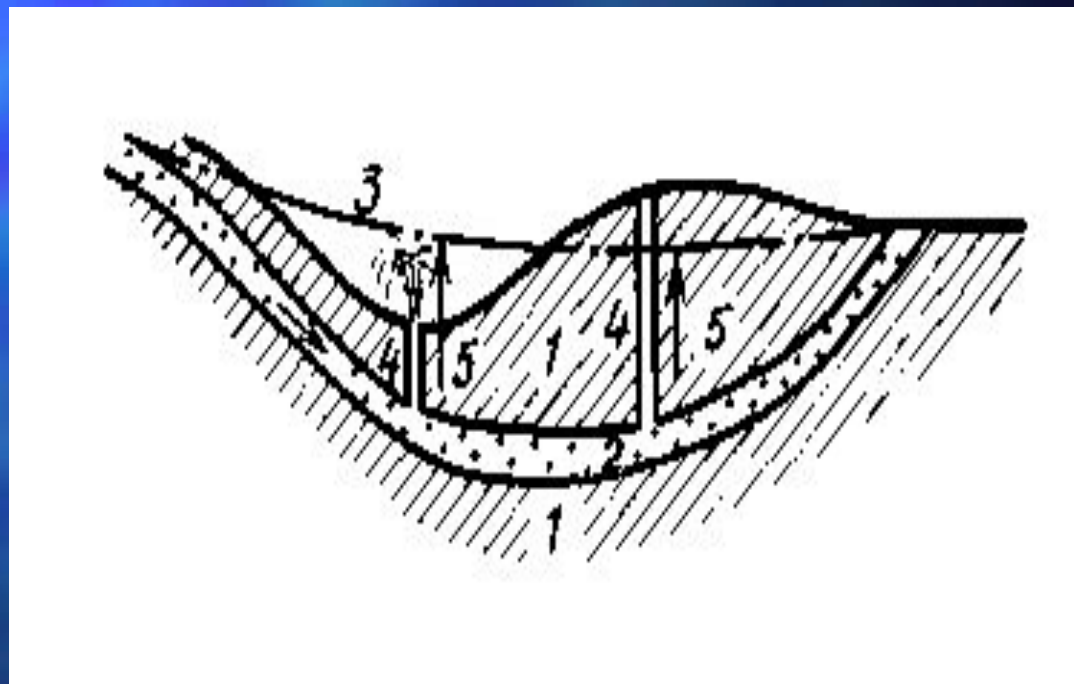
Воды зоны насыщения

- 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

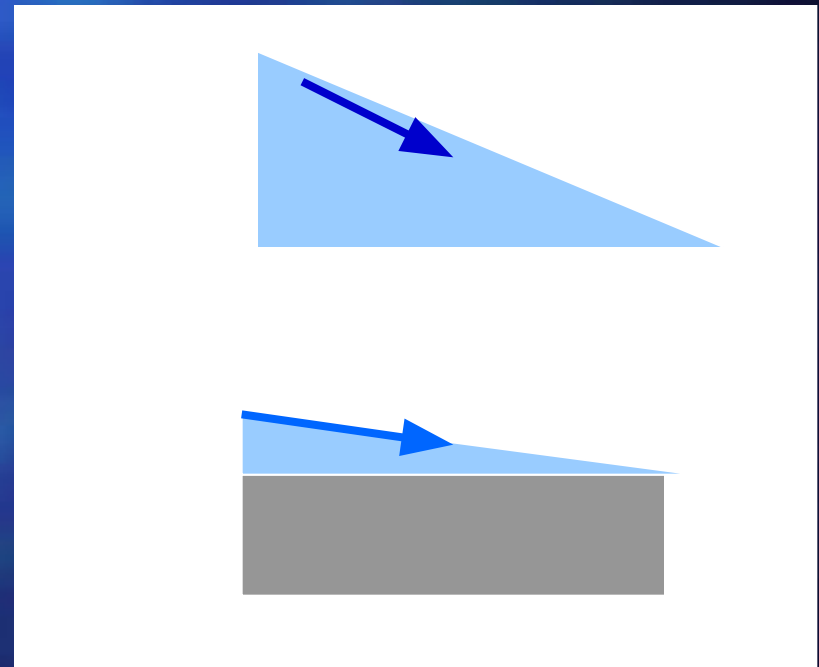
- залегают ниже грунтовых вод
- поднимаются вверх под влиянием пьезометрического напора
- имеют более стабильный режим
- меньше подвержены загрязнению
- источник питьевой воды

**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)

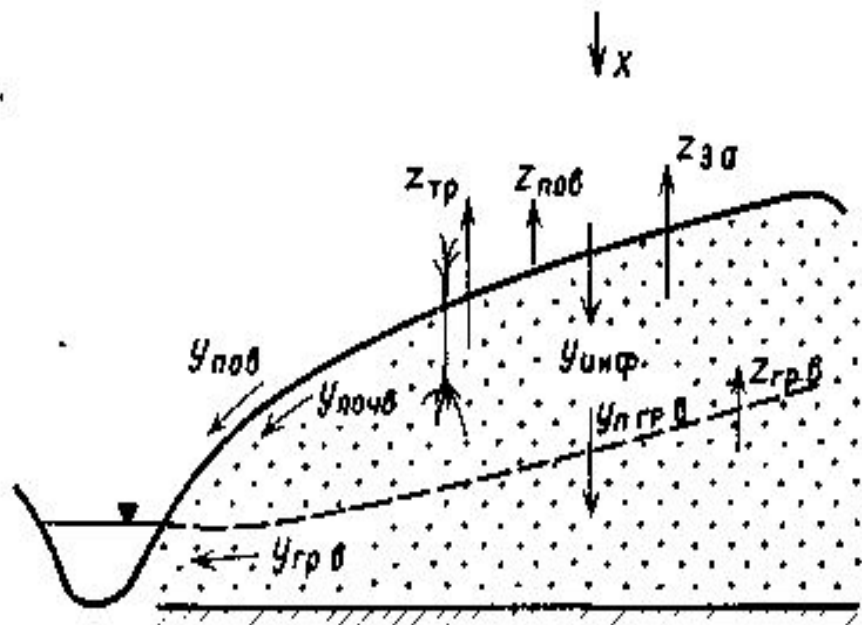
I – уклон водоупора или зеркала
артезианских вод (безразмерная
величина)

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

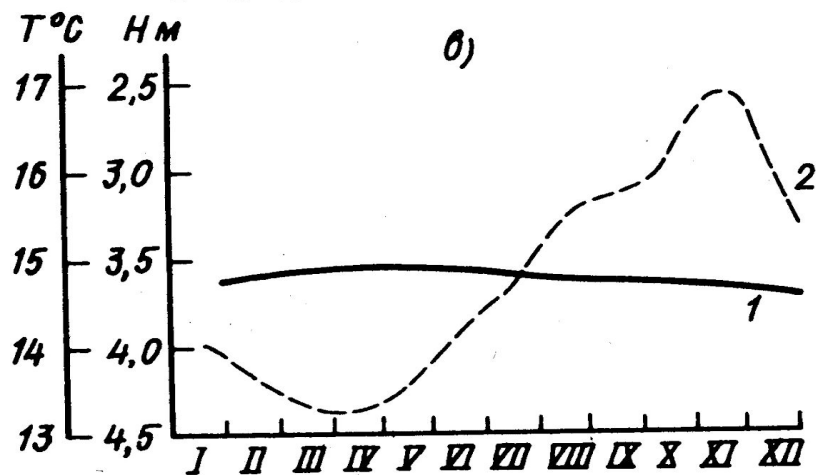
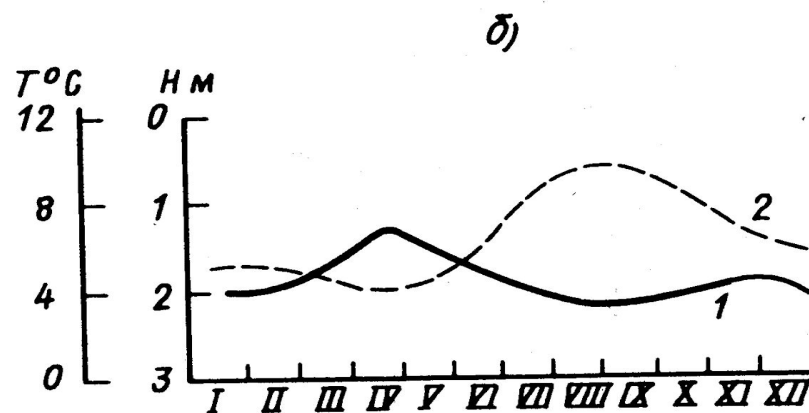
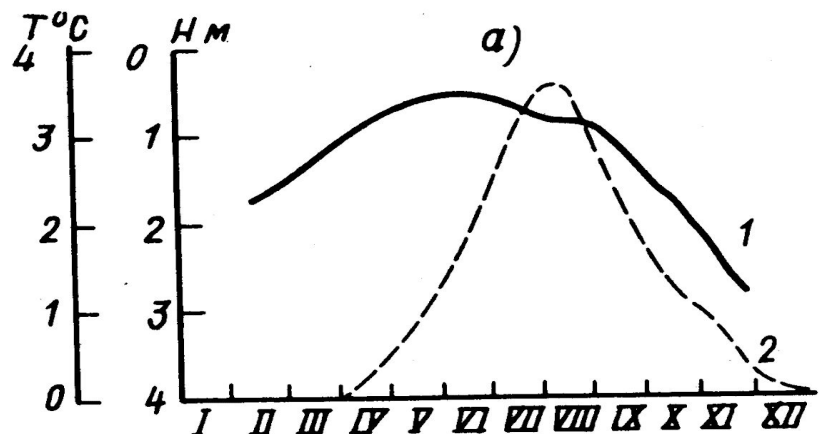
- промывной $I > I_c + Д$
- компенсированный $I = I_c + Д$
- испарительный $I < I_c + Д$

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

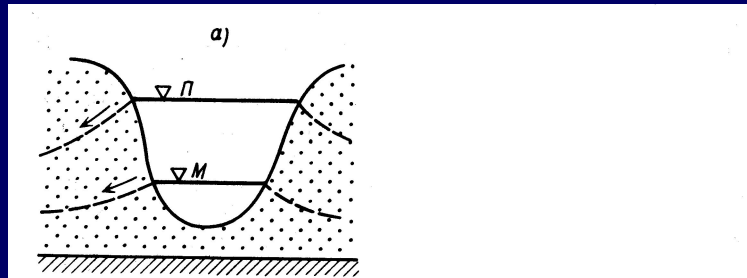
- постоянная гидравлическая связь
- временная гидравлическая связь
- отсутствие взаимодействия

Подтипы постоянной гидравлической связи

- **односторонняя**
- **двухсторонняя**

Постоянная односторонняя гидравлическая связь

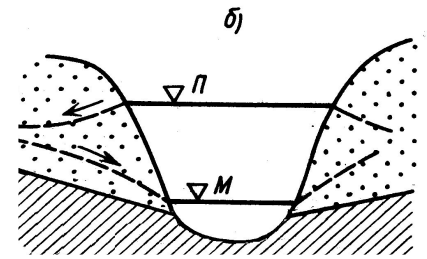
- низкое положение водоупора и уровня грунтовых вод
- река постоянно подпитывает подземные воды



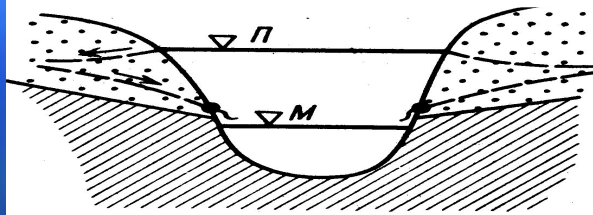
**характерно для
карстовых районов,
горных рек аридной
зоны**

Периодическая двухсторонняя связь – береговое регулирование

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

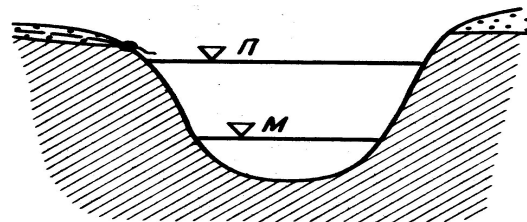


Временное взаимодействие поверхностных и грунтовых вод

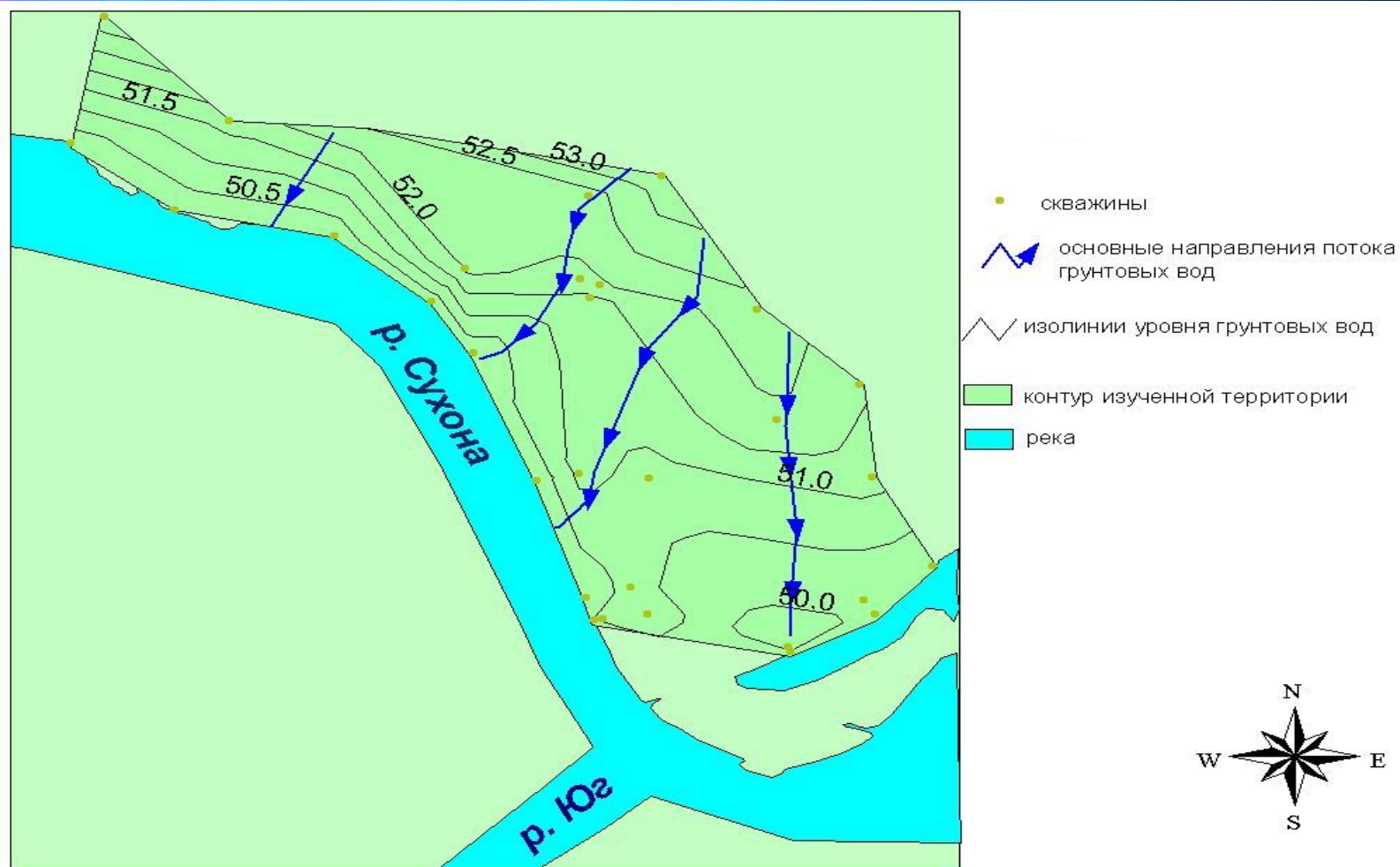


при разрыве
гидравлической
связи на склонах
появляются
мочажины,
родники

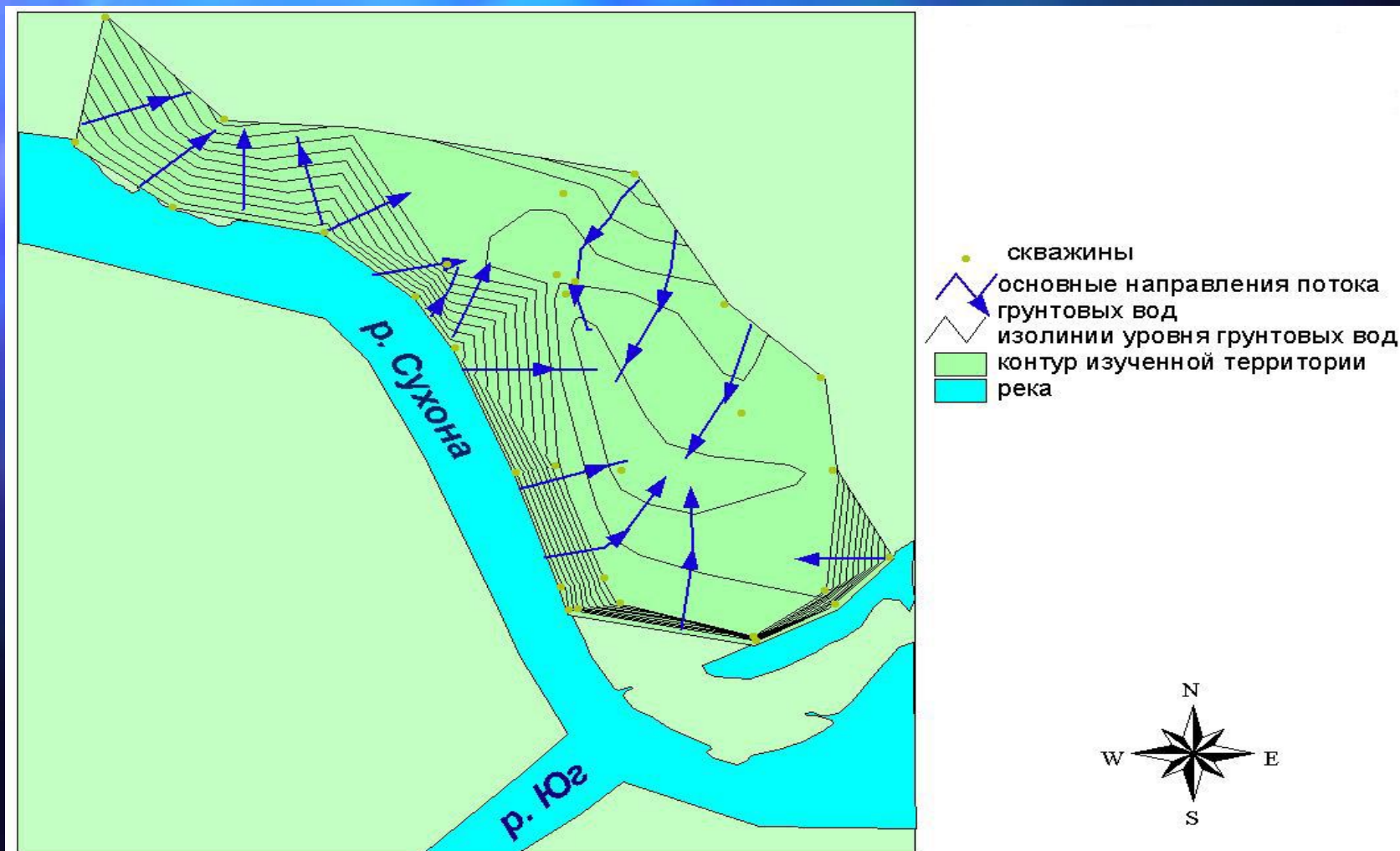
Отсутствие гидравлического взаимодействия поверхностных и подземных вод



Русловое регулирование р.Сухона в период межени



Русловое регулирование р. Сухона в период половодья



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.)