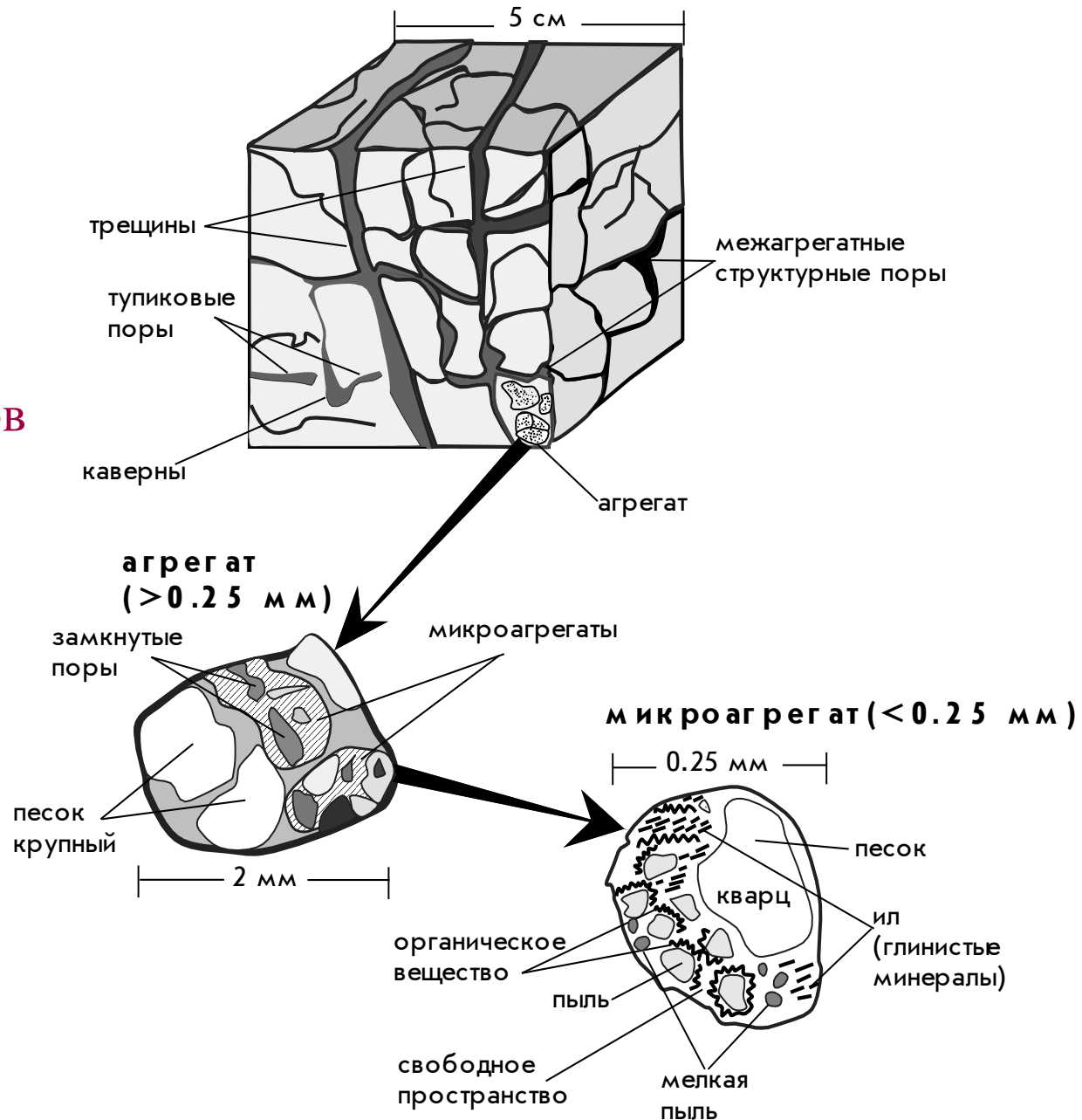


Немного из прошлой лекции

Структура почвы - совокупность агрегатов различной величины, формы, порозности, механической прочности и водопрочности.



Каждому типу почв и каждому генетическому горизонту свойственны определенные типы почвенных структур.

- для гумусовых горизонтов (А) характерна зернистая, комковато-зернистая, порошисто-комковатая структура;
- для гор. В — столбчатая, призматическая, ореховатая, глыбистая.

Тип структурных отдельностей создает различную их упаковку, и, следовательно, различное поровое пространство как между агрегатами, так и внутри них.

А поровое пространство, в свою очередь, определяет водный, воздушный и тепловой режимы почв.

Агрономически ценная структура

- агрегаты оптимального размера, достаточно крупные чтобы обеспечить хорошую водопроницаемость, но и не глыбы:
- достаточно мелкие, чтобы обеспечить влагосохранение, но не выдуваться ветровыми потоками.

преобладают мезоагрегаты – от 0,25 до 7 (10) мм.



Влага в почве

Визуальное определение влажности почвы

- **Сухая почва** - вода удерживается почвенными частицами и является недоступной для растений
- **Суховатая почва** – не формуется в комок, но и не пылит; при сжатии между пальцами на образце почвы остается след от пальцев (влажность соответствует такому содержанию влаги, ниже которого наблюдается завядание растений;
- **Сыроватая почва** - формуется слабо и неустойчиво; при раскатывании распадается (влажность соответствует приблизительно 50% от влажности оптимального увлажнения или т.н. наименьшей влагоемкости почвы).
- **Сырая почва**- хорошо формуется - раскатывается в шнур, от воды не блестит (влажность оптимальная для обработки почвы);
- **Весьма сырая почва** - блестит от воды, но вода не выжимается; глина и суглинок хорошо формуется, высокая липкость (влажность соответствует наименьшей влагоемкости);
- **Мокрая почва** - вода выжимается (может сочиться из стенок разреза).

Количественное выражения содержания влаги в почве

W – весовая или массовая влажность почв (г/г или % к весу).

$$W = \frac{m_w}{m_s} \quad \text{или} \quad W = \frac{m_{вл} - m_{сух}}{m_{сух}}$$

m_w – масса воды,

m_s – масса твердой фазы,

$m_{вл}$ – масса влажной почвы,

$m_{сух}$ – масса сухой почвы (равная m_s),

Влажность почвы – количество воды, приходящееся на единицу веса **абсолютно сухой почвы**, г/г или % к весу.

(ВАЖНО - именно на абсолютно сухую навеску).

Объемная влажность - объем воды в единице объема почвы $\theta = V_v / V_{\pi}$ (см³/см³ или % к объему).

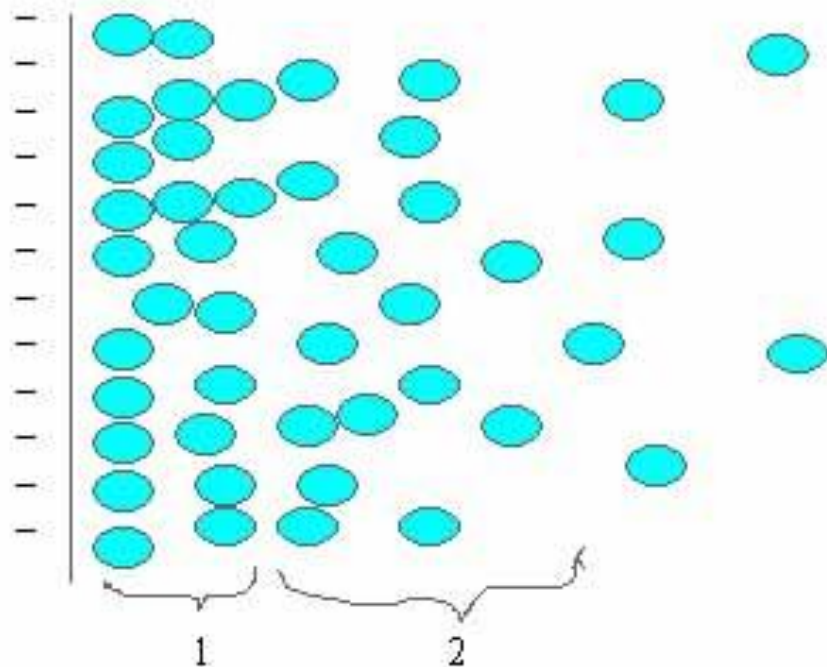
- **Но !**

важно знать не только содержание влаги в почве, но и ее состояние.

- **А именно**

степень ее доступности для растений или, наоборот, связанности с твердой фазой почвы.

Состояние (степень связанности) влаги в почве



1. Адсорбированная влага (прочносвязанная)
2. Пленочная влага (рыхлосвязанная)
3. Пленочно-капиллярная влага
4. Капиллярная влага
5. Гравитационная влага

абсолютно-сухая
почва

увеличение влажности

все поры заполнены водой
(водовместимость)

уменьшение степени связи воды с твердой фазой почвы

прочносвязанная

неподвижная

слабоподвижная

подвижная свободная

1. Адсорбированная влага (прочносвязанная)

Свойства этой влаги:

- удерживается прочными адсорбционными силами
- неподвижна
- является прочно связанной с твердой фазой почв → аномальные свойства воды:

повышенная плотность: $\rho_w = 1.3-1.4 \text{ г/см}^3$

высокая диэлектрическая проницаемость

не растворяет вещества

не замерзает при отрицательных температурах

Если закончилось формирование сплошной пленки воды, и наблюдается максимальное количество влаги, удерживаемое молекулярными силами, то влажность называют максимальной адсорбционной влагоемкостью (**МАВ**) или

максимальной гигроскопической влажностью (МГ) –

она устанавливается в почве при относительной влажности воздуха 98%.

2. Пленочная (рыхлосвязанная)

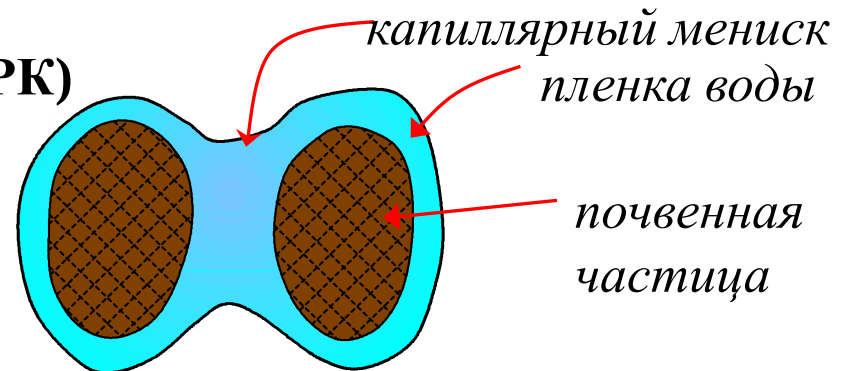
Свойства:

- удерживается молекулярными силами
- слабо подвижная
- подвижное равновесие между силами адсорбционной природы и менисковыми силами, связанными с поверхностным натяжением влаги

Наблюдается при максимальном количестве влаги, удерживаемой молекулярными силами.

Выше нее резко возрастает подвижность почвенной влаги

Состояние называется максимальной молекулярной влагоемкостью (**ММВ**) – или
влажность разрыва капиллярной связи (**ВРК**)



3. Пленочно-капиллярная влага

Свойства:

- удерживается капиллярно-сорбционными силами
- подвижная
- растворяет вещества

Состояние при максимальном количестве влаги, удерживаемой в почве **капиллярно-сорбционными** силами при отсутствии подпора (лишняя влага стекает) называется максимальной капиллярно-сорбционной влагоемкостью **МКСВ** -

или

наименьшей влагоемкостью (НВ)

Очень важная характеристика !

Метод определения НВ (МКСВ)

Полное насыщение почвы сверху и затем свободное стекание влаги (в полевых и лабораторных условиях)

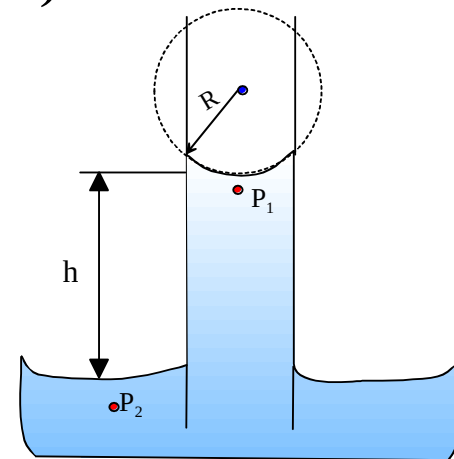
4. Капиллярная влага (капиллярно-подпертая)

Свойства:

- удерживается капиллярно-менисковыми силами
- подвижная
- наблюдается при близком залегании грунтовых вод или верховодки – зона капиллярной каймы
- представляет собой капиллярную кайму грунтовых вод

Максимальное количество, удерживаемой капиллярными силами - капиллярная влагоемкость (**КВ**) – обязательно наличие подпора

Грунтовая вода на глубине
100 см

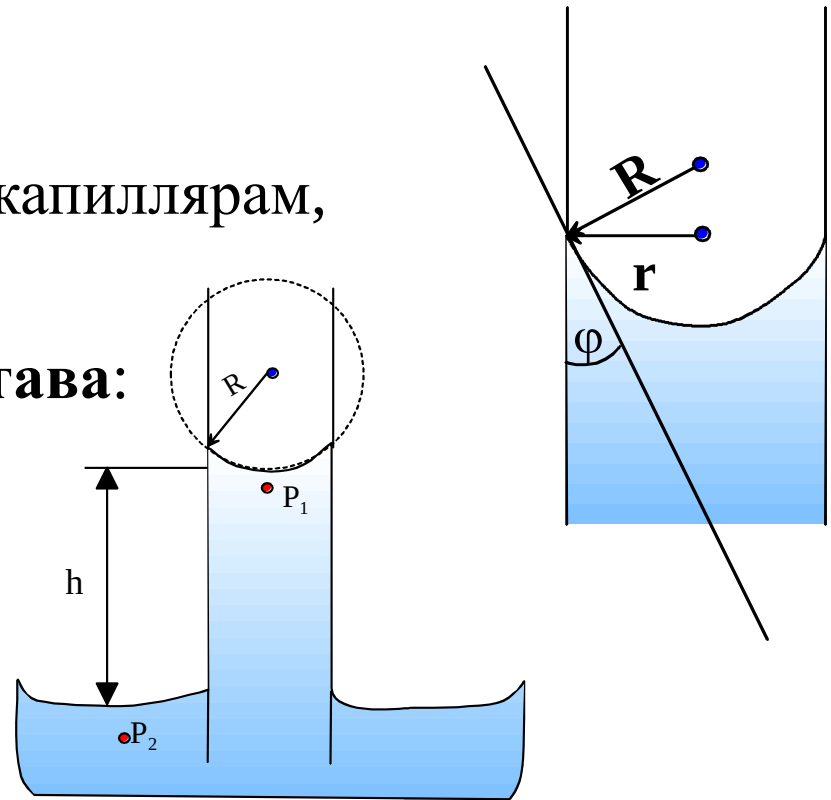


В зоне капиллярной каймы возникает водоподъемная сила

вода может подниматься по капиллярам,
а высота поднятия зависит
от **гранулометрического состава**:

- пески 35-80 см
- супеси 80-120 см
- суглинки 120-350
- глины 350-600 см.

чем тоньше поры (глины),
r меньше, следовательно,
высота подъема **h** больше.



Высоту капиллярного поднятия можно
рассчитать по
формуле Жюрена

$$h = \frac{2\sigma \cos \varphi}{rg\rho_w}$$

или

$$h = 0,15/r$$

где **h** и **r** выражены в см

5. Гравитационная влага

Свойства:

- не удерживается почвой
- находится под влиянием гравитационных сил
- подвижная
- избыточная

Наблюдается при
максимальном количестве влаги в почве
— **полная влагоемкость (ПВ).**

Близка к величине порозности почвы.

Верховодка



Состояние влаги в почве характеризуют почвенно-гидрологические константы

Полная влагоемкость (ПВ) – или **водовместимость**,

все поровое пространство заполнено водой, теоретически равна порозности.

Капиллярная влагоемкость - над уровнем грунтовых вод располагается верховодка, где влага содержится в капиллярах, которые в нижней своей части находятся в грунтовой воде - «капиллярно-подпертая вода».

Наименьшая влагоемкость (НВ) - влага, удерживаемая только капиллярными силами.

Грунтовые воды опустились, а влага из почвы свободно стекает под действием гравитационных сил.

Воздухоемкость - воздуходержание при влажности НВ.

Оптимальные диапазоны воздухоемкости для различных по почв:

- песчаные – 20-25%
- суглинистые – >15-20%
- глинистые – >10%.

Влажности разрыва капиллярной связи (ВРК), ниже которой подвижность влаги влажности резко уменьшается, влага удерживается молекулярными силами, слабоподвижная

Влажность завядания (ВЗ) - растения приобретают признаки устойчивого завядания.

Важные для растений диапазоны почвенной влаги

(ПВ–НВ) – *диапазон подвижной влаги.*

- водоотдача

(НВ–ВЗ) – *диапазон доступной (продуктивной) влаги.*

пески - 6-8 %

суглинистые -12-17 %

(НВ–ВРК) – *диапазон легкоподвижной, легкодоступной для растений влаги.*

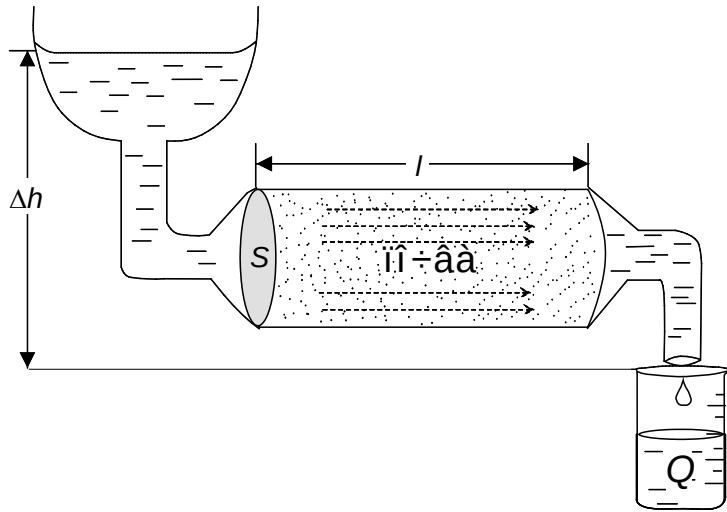
100% НВ – 70 % НВ

Движение воды в почве

- **Водопроницаемость** - скорость, с которой вода перемещается через сечение почвы равное 1 см^2 в единицу времени.
- частный случай водопроницаемости - **фильтрация** – при максимальной для конкретной почвы влажности



Движение влаги в насыщенной влагой почве (водопроницаемость, фильтрация)



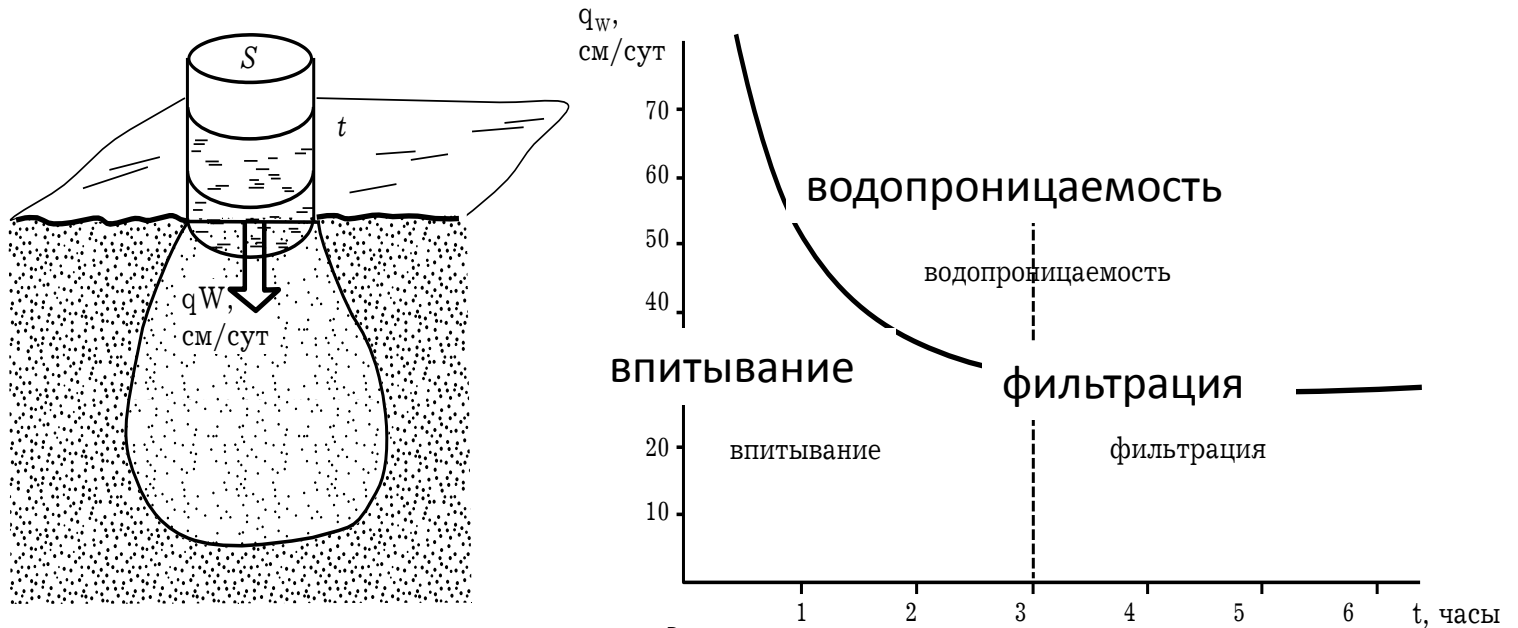
$$q_w = K_\phi \frac{\Delta h}{l} \quad \text{Уравнение Дарси}$$

Поток влаги – скорость, с которой вода перемещается через сечение почвы равное 1 см^2 в единицу времени

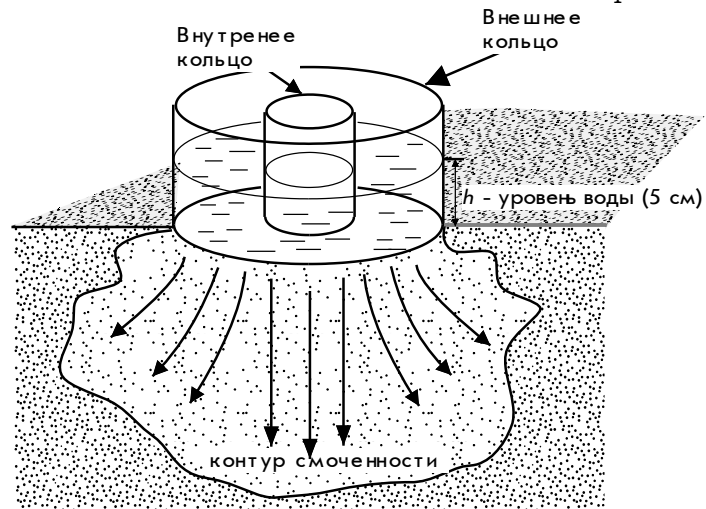
$$q_w = \frac{Q}{S \cdot t}$$



Водопроницаемость проходит в 2 стадии – впитывание (насыщение по полной влагоемкости) + фильтрация (поток в насыщенной почве)
б)



$$q_w = \frac{Q}{S \cdot t}$$



Диапазоны средних значений коэффициента фильтрации для различных по гранулометрическому составу почв

Почвенные объекты	Диапазон K_f , см/сут
Песчаные почвы	300-800
Суглинистые	60-100
Глины	10-50

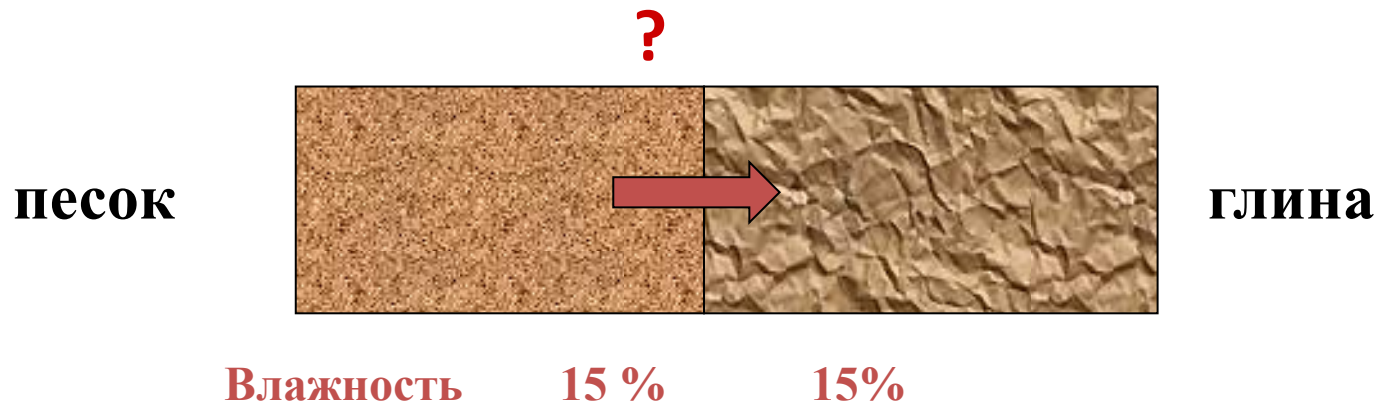
Класс коэффициента фильтрации

Класс коэффициента фильтрации	Наименование	Значение (см/сут)
I	Очень низкий	<15
II	Низкий	15-25
III	Пониженный	25-45
IV	Средний	45-110
V	Средне-высокий	110-230
VI	Высокий	230-550
VII	Очень высокий	>550

Движение воды в ненасыщенной влагой почве (влагопроводность)

Основные силы движения влаги в почве:

1. гравитационные - наблюдаются и в насыщенных почвах при фильтрации)
2. капиллярно-сорбционные (возникают в ненасыщенных условиях из-за)

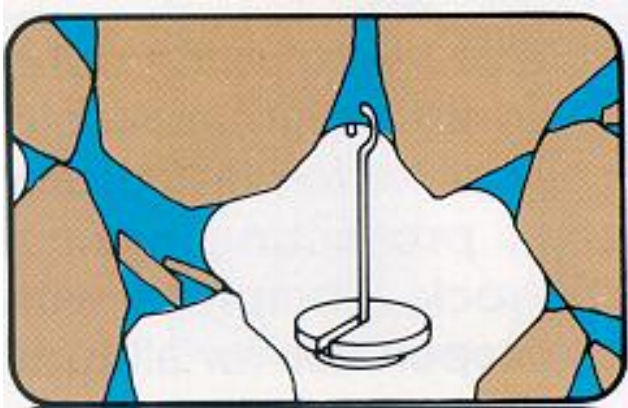


Не величина влажности почвы является основной причиной ее движения, а силы, которые действуют на нее.

Силы передвижения влаги в почве определяются энергетическим состоянием влаги. Рассмотрим их.

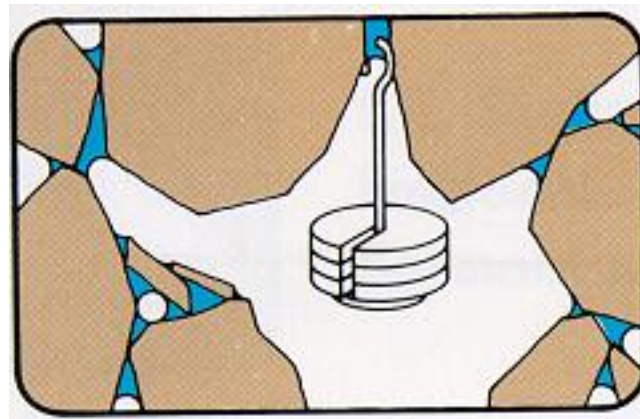
Энергетическое состояние влаги в почве

Термодинамические характеристики почвенной влаги - потенциал (дж/кг) и/или давление влаги (кПа, атм) – **работа, необходимая для перевода воды из связанного с твердой фазой почвы состояния (отрыва) в свободное и/или перемещения воды из одной точки в другую.**



влажная почва

В сухой почве в тонких порах капиллярно-сорбционные силы (менисковые и расклинивающие) сильнее понижают потенциал.



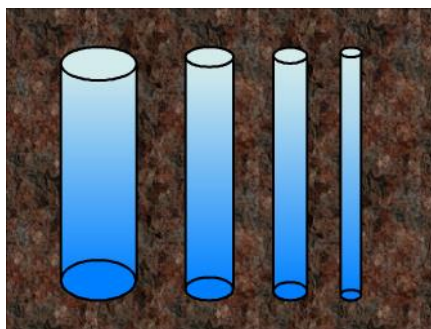
сухая почва

Вода движется в направлении от большего потенциала к меньшему:

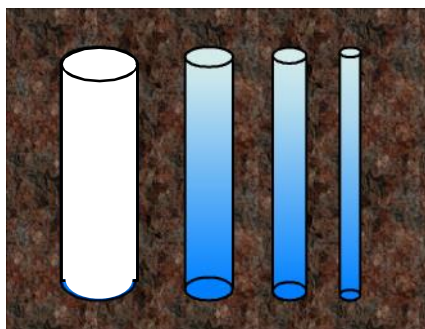
- 1) при сходном гранулометрическом составе с одинаковыми порами – из влажной зоны в сухую (как ,
- 2) при разном гранулометрическом составе (как на рисунке ранее) - в зону глинистых почв, где в тонких порах капиллярно-сорбционные силы (менисковые и расклинивающие) сильнее понижают потенциал.

Капиллярная модель влагопроводности почвы

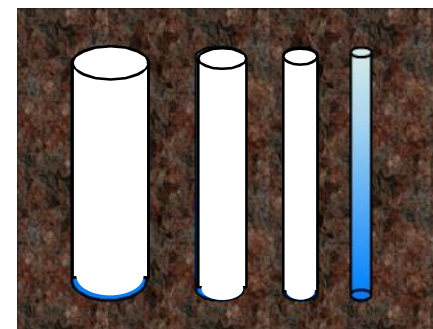
В насыщенной почве вода передвигается преимущественно в крупных порах. При иссушении они опустошаются – вода продолжает движение по мелким порам.



насыщенная почва

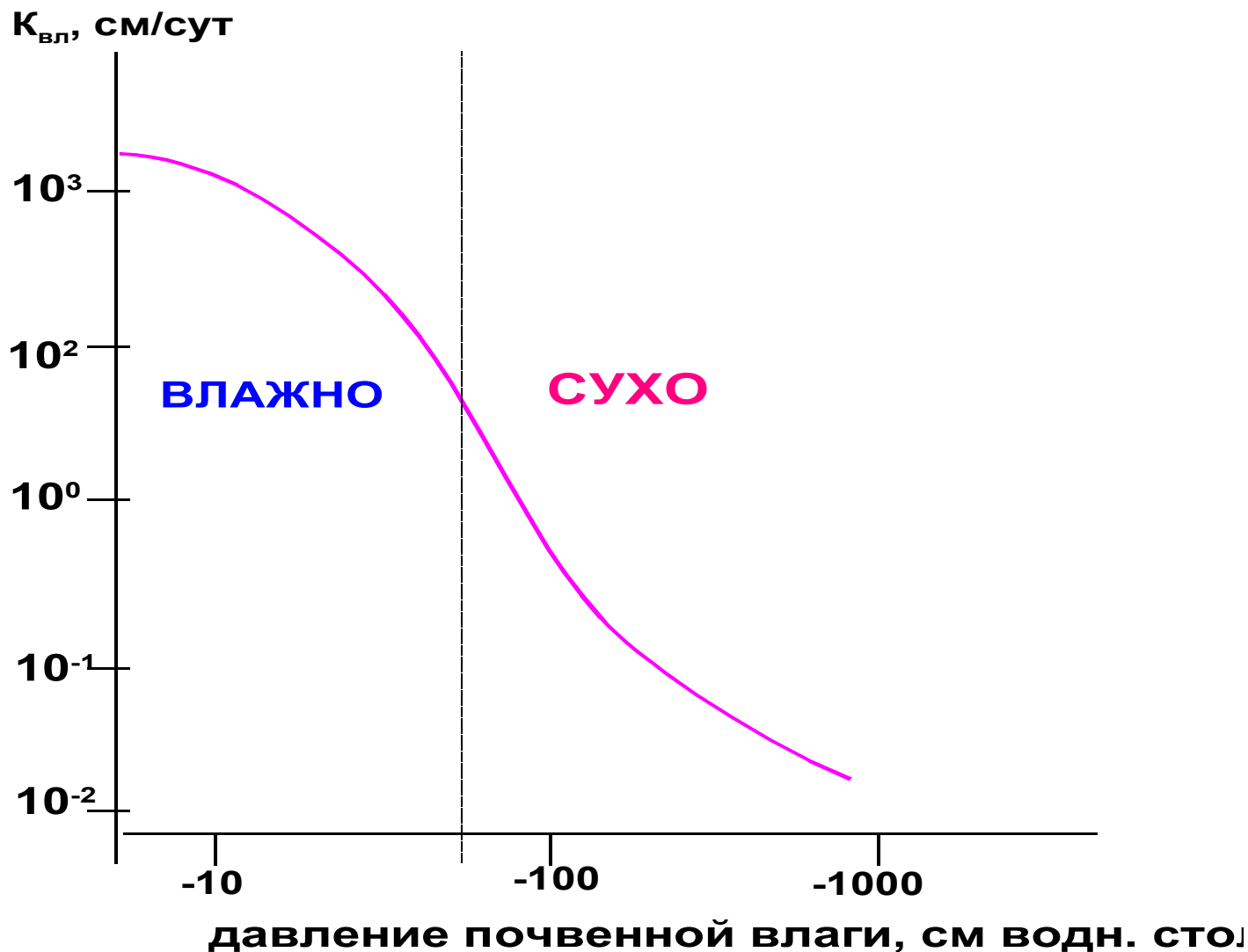


**не насыщенная
влажностью почва (~НВ)**



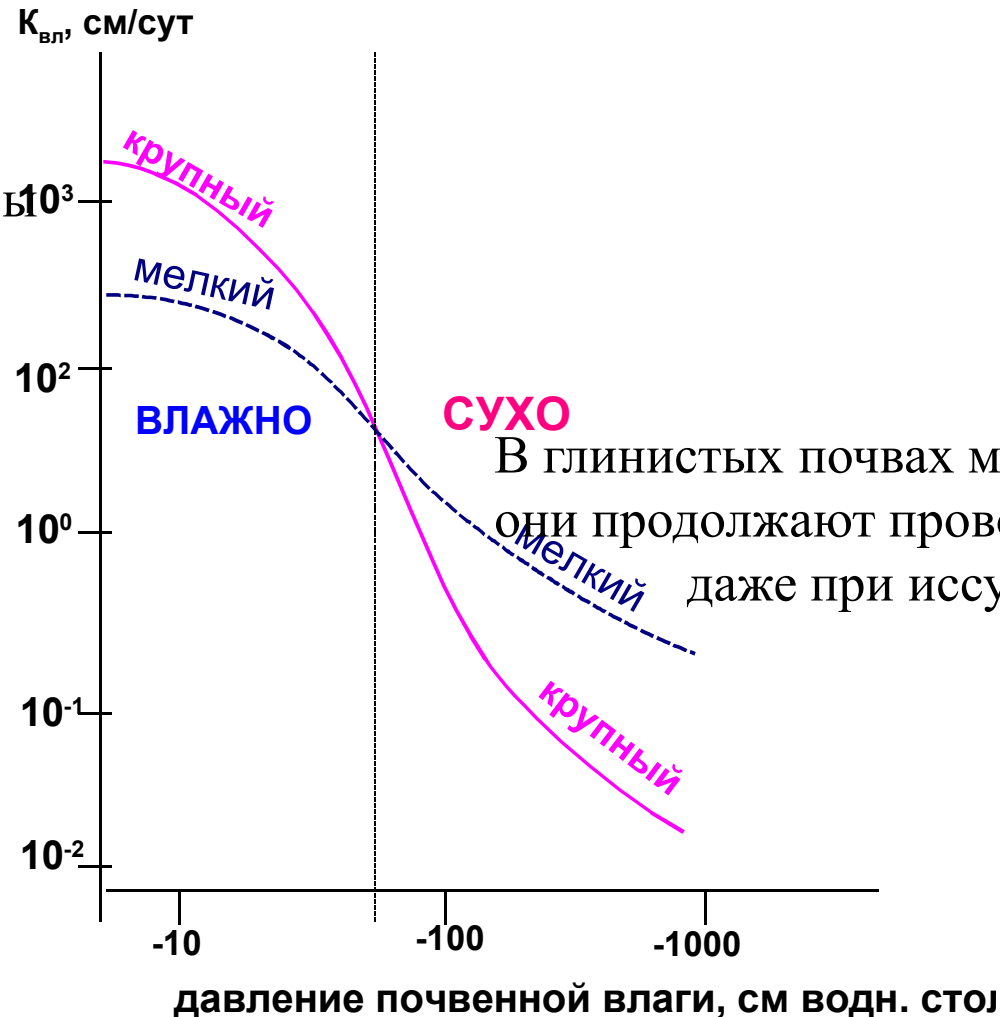
**не насыщенная
влажностью почва (~ВРК)**

Зависимость влагопроводности от влажности (давления почвенной влаги) - функция влагопроводности



Функция влагопроводности почв с различным гранулометрическим составом

В песчаных почвах
только крупные поры
— они лучше
проводят влагу
при насыщении.



В глинистых почвах мелкие поры —
они продолжают проводить влагу
даже при иссушении.