

Лекция 12.

Физико-химические и химические свойства почвы (часть I)

1. Водные свойства почвы.

1.1. Категории (формы) и состояния почвенной воды.

Жидкая фаза, или почвенный раствор представляет собой наиболее подвижную, изменчивую и активную часть почвы

Значение воды в почве

- вода — это особая физико-химическая весьма активная система, обеспечивающая многие физические и химические процессы в природе,
- вода - мощная транспортная геохимическая система, обеспечивающая перемещение веществ в пространстве.
- воде принадлежит главенствующая роль в почвообразовании: процессы выветривания и новообразования минералов, гумусообразование и химические реакции совершаются только в водной среде; формирование генетических горизонтов почвенного профиля, динамика протекающих в почве процессов также связаны с водой.
- вода в почве выступает и как терморегулирующий фактор, определяя в значительной степени тепловой баланс почвы и ее температурный режим.
- вода является источником воды и питательных веществ для произрастающих на ней растений.

1. Водные свойства почвы.

1.1. Категории (формы) и состояния почвенной воды.

Проблеме водного режима почв и влагообеспеченности растений посвятили свои труды многие выдающиеся ученые почвоведы и физиологи: Н.А. Максимов (1941), С.И. Долгов (1948), Н.А. Гусев (1949), А.А. Роде (1965), А.Д. Воронин (1966), Н.А. Качинский (1970), Б.Н. Мичурин (1975), И.И. Судницын (1979), Х. Пенман (1982), Н.А. Семенов и др. (2005).



Рис. 1. Никодим Антонович Качинский (1894-1976)

советский учёный-почвовед,
доктор геолого-
минералогических наук
(1935), профессор (1930).
академик РАЕН.



Рис. 2. Иван Иванович Судницын (1932)

Советский и российский физик и почвовед, кандидат сельскохозяйственных наук, доктор биологических наук, профессор МГУ, заслуженный научный работник Московского университета, заслуженный деятель наук РФ, лауреат премии Президента РФ, академик РАЕН.

1. Водные свойства почвы.

1.1. Категории (формы) и состояния почвенной воды.

Основным показателем содержания влаги в почве является ее влажность. Под **влажностью почвы** понимают содержание влаги в почве, выраженное в процентах к массе абсолютно сухой почвы или к единице объема:

$$W = \frac{m_{\text{вл.}} - m_{\text{сух.}}}{m_{\text{сух.}}} \cdot 100 \%$$

где:

W – влажность почвы, %

$m_{\text{вл}}$ – вес влажной почвы, г;

$m_{\text{сух}}$ – вес абсолютно сухой почвы (после сушки при температуре 105-110⁰С до постоянного веса), г.

1. Водные свойства почвы.

1.1. Категории (формы) и состояния почвенной воды.

Второй способ выражения влажности – это отношение массы воды к ее объему, **объемная влажность почвы**:

$$W_d = W \cdot d_v$$

где:

W_d – объемная влажность почвы, %

d_v – плотность почвы, г/см³ или т/м³;

W – влажность почвы, %

1. Водные свойства почвы.

1.1. Категории (формы) и состояния почвенной воды.

Все методы определения влажности делятся на две группы.

Первая включает взятие почвенных образцов в поле и определение в них влажности в лаборатории (термостатно-весовой метод).

Вторая - косвенная, с помощью различных приборов, установленных непосредственно в почве при естественном ее залегании.

Рис. 3. Влагомер (прибор для определения влажности)

Источник: vseocvetah.ru



1. Водные свойства почвы.

1.1. Категории (формы) и состояния почвенной воды.

В почвах можно различают следующие **пять категорий (форм) почвенной воды** (А.А. по Роде)

- Твердая вода;
- Химически связанная вода
- Парообразная вода
- Физически связанная, или сорбционная вода
- Свободная вода

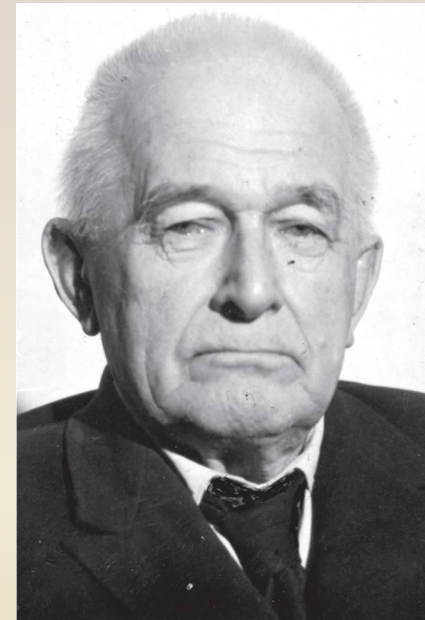


Рис. 4. Алексей Андреевич Роде
(1896-1979)

1. Водные свойства почвы.

1.1. Категории (формы) и состояния почвенной воды.

Твердая вода — лед. Появление воды в форме льда имеет сезонный (сезонное промерзание почвы) или многолетний («вечная» мерзлота) характер. Поскольку почвенная вода — это всегда раствор, температура замерзания воды в почве ниже 0°C.

Химически связанная вода. Эта вода входит в состав твердой фазы почвы и не является самостоятельным физическим телом, не передвигается и не обладает свойствами растворителя. Это вода представлена гидроксильной группой OH химических соединений (гидроксиды железа, алюминия, марганца; органические и органоминеральные соединения; глинистые минералы); и целыми водными молекулами кристаллогидратов, преимущественно солей, например гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и др.

1. Водные свойства почвы.

1.1. Категории (формы) и состояния почвенной воды.

Парообразная вода. Эта вода содержится в почвенном воздухе порового пространства в форме водяного пара. Почвенный воздух практически всегда близок к насыщению парами воды, а небольшое понижение температуры почвы приводит к его насыщению и конденсации пара, в результате чего парообразная вода переходит в жидкую; при повышении температуры имеет место обратный процесс. Парообразная вода в почве передвигается в ее поровом пространстве от участков с высокой упругостью водяного пара к участкам с более низкой упругостью (активное движение), а также вместе с током воздуха (пассивное движение).

1. Водные свойства почвы.

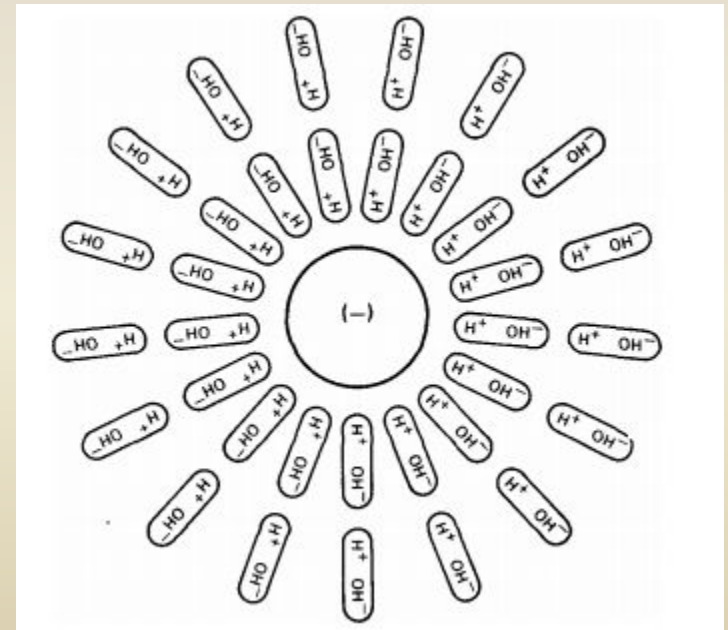
1.1. Категории (формы) и состояния почвенной воды.

Физически связанная, или сорбированная, вода. К этой категории относится вода, сорбированная на поверхности почвенных частиц, обладающих определенной поверхностной энергией за счет сил притяжения, имеющих различную природу. При соприкосновении почвенных частиц с молекулами воды последние притягиваются этими частицами, образуя вокруг них пленку.

Удержание молекул воды происходит в данном случае силами сорбции. Молекулы воды могут сорбироваться почвой как из парообразного, так и из жидкого состояния. Все молекулы сорбированной воды находятся в строго ориентированном положении (рис. 5).

Рис. 5. Ориентированные диполи воды вокруг гидратированной частицы.

Источник: В.А. Ковда Почва и почвообразование, 1988



1. Водные свойства почвы.

1.1. Категории (формы) и состояния почвенной воды.

Прочность фиксации молекул воды наибольшая вблизи поверхности почвенных частиц, по мере удаления от них она постепенно убывает.

В зависимости от прочности удержания воды сорбционными силами ***физически связанную воду подразделяют на:***

- прочносвязанную
- рыхлосвязанную

Прочносвязанная вода - это вода, поглощенная почвой из парообразного состояния.

1. Водные свойства почвы.

1.1. Категории (формы) и состояния почвенной воды.

Свойство почвы сорбировать парообразную воду называют **гигроскопичностью почв**, а поглощенную таким образом воду — гигроскопической (**Г, ГВ**). Таким образом, **прочносвязанная вода — это вода гигроскопическая**. Она удерживается у поверхности почвенных частиц очень высоким давлением, образуя вокруг почвенных частиц тончайшие пленки. Высокая прочность удержания обуславливает полную неподвижность гигроскопической воды. По физическим свойствам прочносвязанная (гигроскопическая) вода приближается к твердым телам. Плотность ее достигает $1,5\text{--}1,8\text{ г/см}^3$, она не замерзает, не растворяет электролиты, отличается повышенной вязкостью и не доступна растениям.

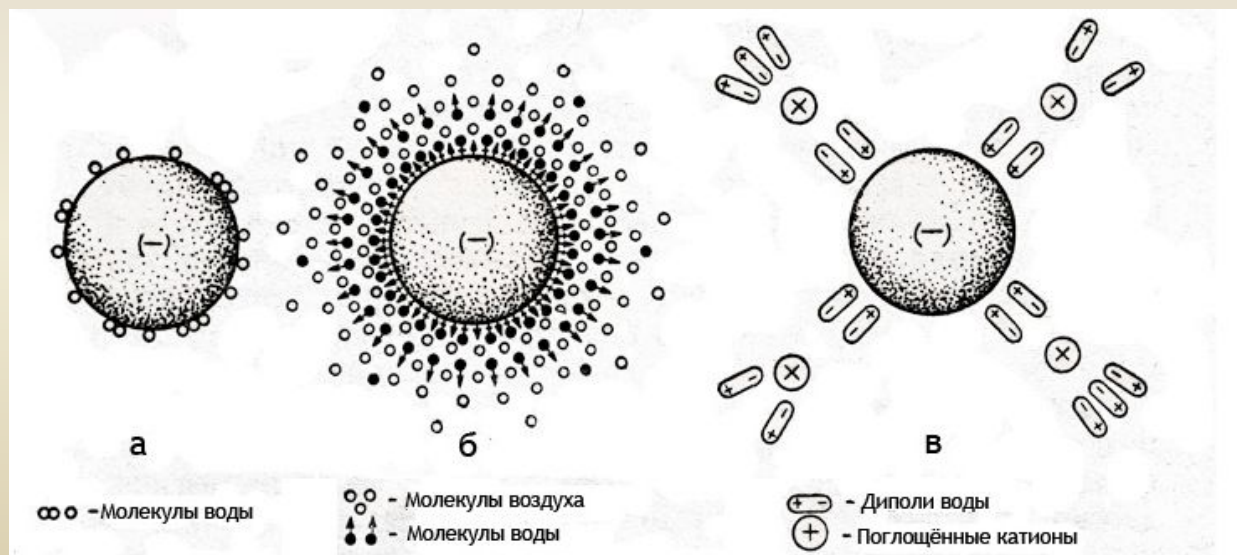


Рис. 6. Гигроскопическая влага

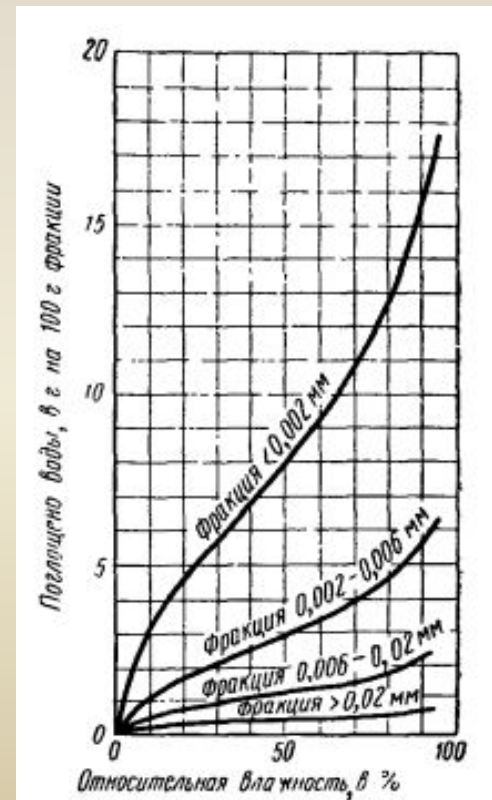
1. Водные свойства почвы.

1.1. Категории (формы) и состояния почвенной воды.

Количество водяного пара, сорбируемого почвой, находится в тесной зависимости **от относительной влажности воздуха**, с которым соприкасается почва, гранулометрического состава, минералогического состава, содержания органического вещества почвы.

Рис. 7. Зависимость поглощения водяных паров от относительной влажности паров от относительной влажности воздуха и размера почвенных частиц

Источник: А.Е. Возбуцкая. Химия почв, 1968



1. Водные свойства почвы.

1.1. Категории (формы) и состояния почвенной воды.

Влажность почвы в состоянии гигроскопической влаги обозначается $W_{гв}$ и определяется по формуле влажности почвы.

$$W_{гв} = \frac{m_{вл.} - m_{сух.}}{m_{сух.}} \cdot 100 \%$$

где:

$W_{гв}$ – влажность почвы равная величине гигроскопической влаги, %

$m_{вл.}$ – вес воздушно-сухой почвы, г;

$m_{сух.}$ – вес абсолютно сухой почвы (после сушки при температуре 105-110°C до постоянного веса), г.

$$W_{d(гв)} = W_{гв} \cdot d_v$$

где:

$W_{d(гв)}$ – объемная влажность почвы равная величине гигроскопической влаги, %

$W_{гв}$ – влажность почвы равная величине гигроскопической влаги, %;

d_v – плотность почвы, г/см³ или т/м³;

1. Водные свойства почвы.

1.1. Категории (формы) и состояния почвенной воды.

Предельное количество воды, которое может быть поглощено почвой из **парообразного состояния** при относительной влажности воздуха, близкой к 100% (94—98%), называют **максимальной гигроскопической водой (МГ, МГВ)**. При влажности почвы, равной МГ, толщина пленки из молекул воды достигает 3-4 слоев.

Ниже приведена максимальная гигроскопичность различных фракций покровных глин (по П.Ф.Мельникову, 1949): Размер частиц, мм МГ, %

- 0,01—0,005 - 0,4%
- 0,005—0,004 - 1,1%
- 0,004—0,003 - 1,5%
- 0,003—0,002 - 1,9%
- 0,002—0,001 - 5,1%
- 0,001—0,0005 - 25,4%

1. Водные свойства почвы.

1.1. Категории (формы) и состояния почвенной воды.

Влажность почвы в состоянии максимальной гигроскопической влаги обозначается $W_{\text{мгв}}$ и определяется по формуле влажности почвы.

$$W_{\text{мгв}} = \frac{m_{\text{вл.}} - m_{\text{сух.}}}{m_{\text{сух.}}} \cdot 100 \%$$

где:

$W_{\text{мгв}}$ – влажность почвы равная величине максимальной гигроскопической влаги, %

$m_{\text{вл}}$ – вес воздушно-сухой почвы, г;

$m_{\text{сух}}$ – вес абсолютно сухой почвы (после сушки при температуре 105-110°C до постоянного веса), г.

$$W_{\text{d(мгв)}} = W_{\text{гв}} \cdot d_{\text{х}}$$

где:

$W_{\text{d(мгв)}}$ – объемная влажность почвы равная величине максимальной гигроскопической влаги, %

$W_{\text{мгв}}$ – влажность почвы равная величине максимальной гигроскопической влаги, %;

d_v – плотность почвы, г/см³ или т/м³;

1. Водные свойства почвы.

1.1. Категории (формы) и состояния почвенной воды.

**Пределы колебания
максимальной гигроскопической влажности почв**

Грануло-метрический состав	Максимальная гигроскопичность (МГ), %	Почвы (верхний горизонт)	Максимальная гигроскопичность (МГ), %
Глины тяжёлые	20–23	Подзолистые	3–7
Глины	12–18	Чернозёмы	7–15
Суглинки	4–7	Торфяники	30–40
Супеси	2–3	Серозёмы	4–7
Пески тонкие	0,5–1,5	Солонцы	10–15
Пески грубые	0,5–0,1	Каштановые	8–12

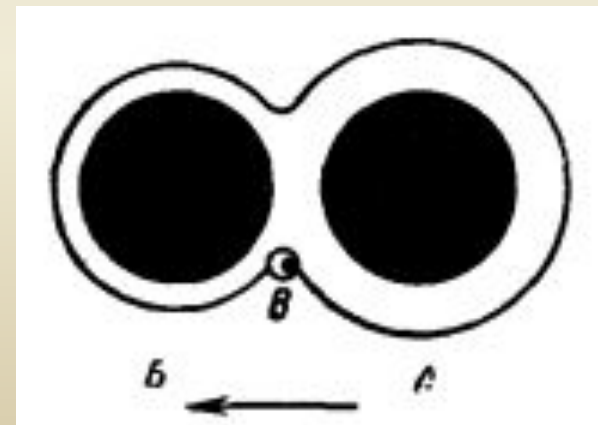
1. Водные свойства почвы.

1.1. Категории (формы) и состояния почвенной воды.

Рыхлосвязанная (пленочная) вода. Вода, удерживаемая в почве сорбционными силами **сверх МГ**, — это вода рыхлосвязанная, или пленочная. Сила, с которой она удерживается в почве, измеряется значительно меньшим давлением. Рыхлосвязанная вода также представлена пленкой, образовавшейся вокруг почвенной частицы. она находится в вязкожидкой форме, т. е. занимает промежуточное положение между водой прочносвязанной и свободной. Рыхлосвязанная (пленочная) вода в отличие от прочносвязанной может передвигаться в жидкой форме от почвенных частиц с более толстыми водяными пленками к частицам, у которых она тоньше (рис. 8). Передвижение этой воды происходит оно очень медленно, со скоростью несколько десятков сантиметров в год. Содержание пленочной воды в почве определяется теми же свойствами почв, что и содержание максимальной гигроскопической. В среднем для большинства почв оно составляет 7—15%, иногда в глинистых почвах достигает 30—35% и падает в песчаных до 3-5% .

Рис. 8. Передвижение пленочной влаги от одной частицы к другой

Источник: А.Е.Возбуцкая. Химия почв, 1968



1. Водные свойства почвы.

1.1. Категории (формы) и состояния почвенной воды.

Свободная вода. Вода, которая содержится в почве сверх рыхлосвязанной, находится уже вне области действия сил притяжения со стороны почвенных частиц (сорбционных) и является свободной. Отличительным признаком этой категории воды является отсутствие ориентировки молекул воды около почвенных частиц. В почвах **свободная вода присутствует в капиллярной и гравитационной формах.**

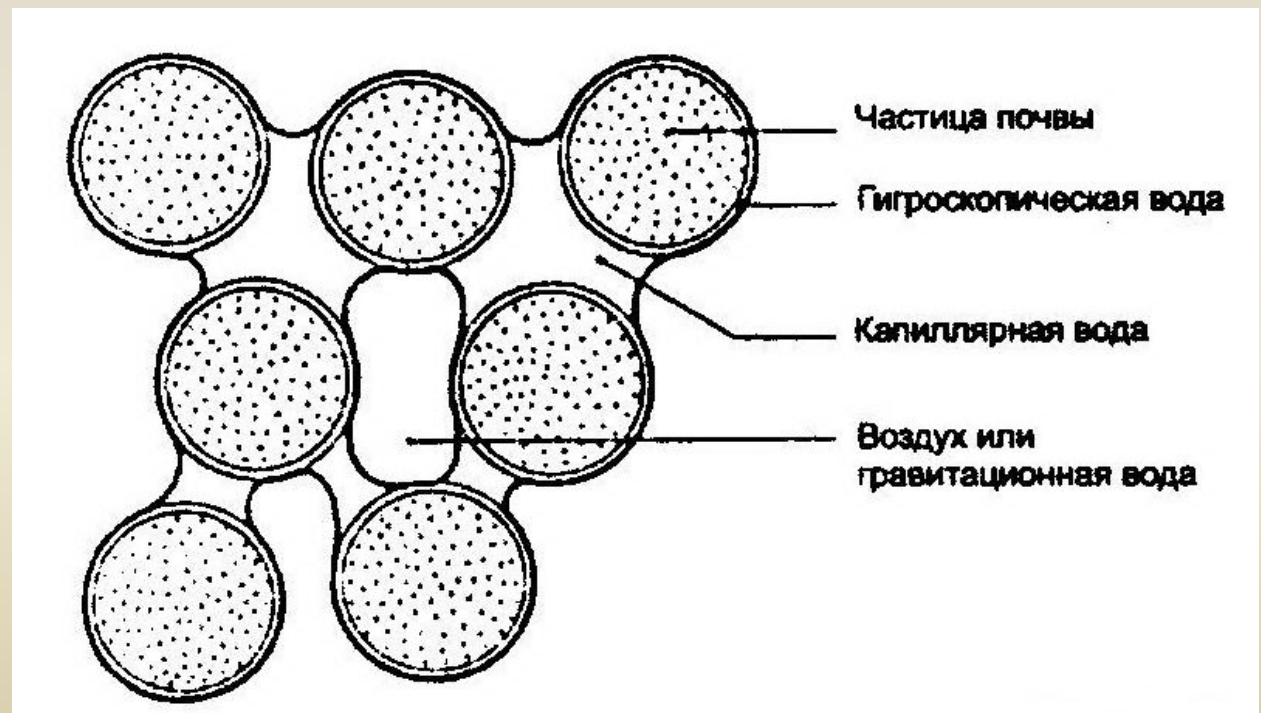


Рис. 9.
Состояния
почвенной влаги

1. Водные свойства почвы.

1.1. Категории (формы) и состояния почвенной воды.

Капиллярная вода. Она удерживается в почве в порах малого диаметра — капиллярах, под действием **капиллярных** или, как их еще называют, **менисковых сил**. Капиллярная вода удерживается в почве силами поверхностного натяжения (на поверхностях раздела: твердая фаза почвы – вода; воздух – вода). **Капиллярным давлением** называют разность давлений, возникающую вследствие искривления поверхности жидкости.

Капиллярные явления, поверхностные явления на границе жидкости с др. средой, связанные с искривлением ее поверхности. Искривление поверхности жидкости на границе с газовой фазой происходит в результате действия поверхностного натяжения жидкости, которое стремится сократить поверхность раздела и придать ограниченному объему **жидкости форму шара. Поскольку шар обладает минимальной поверхностью при данном объеме, такая форма отвечает минимуму поверхностной энергии жидкости, т.е. ее устойчивому равновесному состоянию.**

В случае смачивания, например, при соприкосновении жидкости с твердой стенкой сосуда, силы притяжения, действующие между молекулами твердого тела и жидкости, заставляют ее подниматься по стенке сосуда, вследствие чего примыкающий к стенке **участок поверхности жидкости принимает вогнутую форму (это и есть капиллярный эффект)**. В узких каналах, например, цилиндрических капиллярах, образуется вогнутый мениск - полностью искривленная поверхность жидкости. Капиллярная сила поднимает воду до тех пор, пока не уравновесится **гидростатическим давлением воды**.

1. Водные свойства почвы.

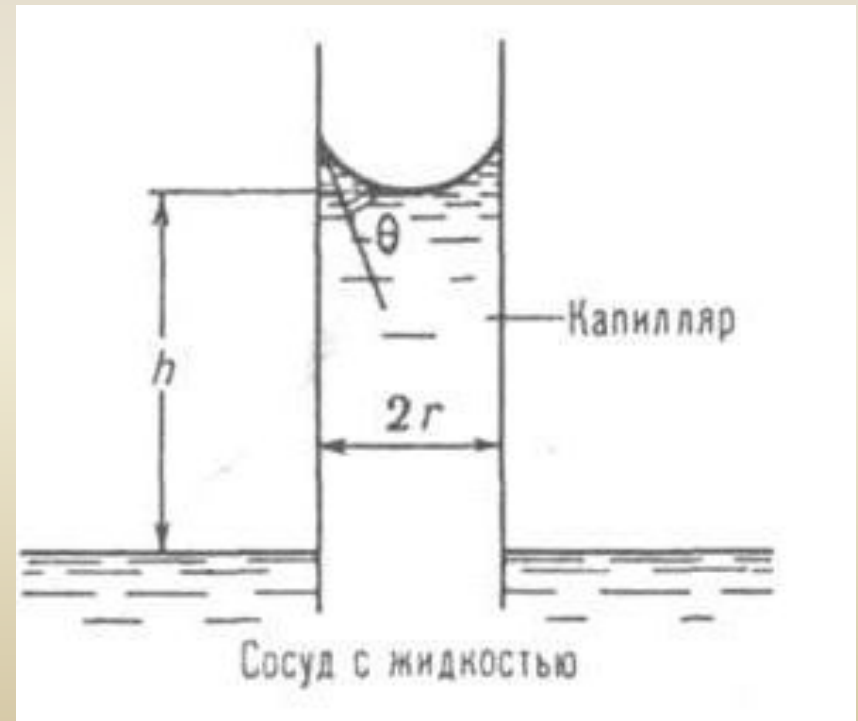
1.1. Категории (формы) и состояния почвенной воды.

Подъемная сила мениска прямо пропорциональна величине поверхностного натяжения и краевому углу смачивания и обратно пропорциональна радиусу грунтового капилляра. Поскольку краевой угол смачивания характеризует силы молекулярного притяжения между водой и грунтовыми частицами, то можно считать, что подъемная сила менисков (или величина капиллярного поднятия в грунтах) в конце концов зависит от сил молекулярного взаимодействия между водой и твердыми грунтовыми частицами.

**Высота поднятия
пропорциональна
капилляра.** **обратно
радиусу**

Высота капиллярного поднятия:

песках — до 35–80 см;
супесях — до 80–120 см;
суглинках — до 120–350 см;
глинах — до 350–600 см;



1. Водные свойства почвы.

1.1. Категории (формы) и состояния почвенной воды.

Капиллярная вода по физическому состоянию жидкая. Она высокоподвижная, способна обеспечить восполнение запасов воды в поверхностном горизонте почвы при интенсивном потреблении ее растениями или при испарении, свободно растворяет вещества и перемещает растворимые соли, коллоиды, тонкие суспензии. Все мероприятия, направленные на сохранение воды в почве или пополнение ее запасов (при орошении), связаны с созданием в почве запасов именно капиллярной воды с уменьшением ее расхода на физическое испарение.

Капиллярная вода подразделяется на несколько видов:

- капиллярно-подвешенную,
- капиллярно-подпертую,
- капиллярно- посаженную.

1. Водные свойства почвы.

1.1. Категории (формы) и состояния почвенной воды.

Капиллярно-подвешенная вода заполняет капиллярные поры **при увлажнении почв сверху** (после дождя или полива). При этом под промоченным слоем всегда имеется сухой слой, т. е. гидростатическая связь увлажненного горизонта с постоянным или временным горизонтом подпочвенных вод отсутствует. Вода, находящаяся в промоченном слое, как бы «висит», не стекая, в почвенной толще над сухим слоем. Поэтому она и получила название подвешенной. В природных условиях в распределении капиллярно-подвешенной воды по профилю почв всегда наблюдается постепенное уменьшение влажности с глубиной.

Подвешенная вода удерживается в почвах достаточно прочно. Капиллярно-подвешенная вода может передвигаться как в нисходящем направлении, так и вверх, в направлении испаряющейся поверхности. При активном восходящем движении воды в почвах близ поверхности происходит накопление веществ, содержащихся в растворенном виде в почвенном растворе. Засоление почв в поверхностных горизонтах обязано во многом данному явлению.

Капиллярно-подвешенная вода в почвах сохраняется длительное время, являясь доступной для растений. Поэтому эта форма воды с экологической точки зрения представляет особую ценность. Скорость передвижения капиллярно-подвешенной воды к поверхности и, следовательно, скорость ее испарения, т. е. потери воды из почвы, определяются главным образом структурностью почв. В структурных почвах этот процесс идет медленнее и вода дольше сохраняется в почве.

1. Водные свойства почвы.

1.1. Категории (формы) и состояния почвенной воды.

Капиллярно-подпертая вода образуется в почвах при подъеме воды **снизу от горизонта грунтовых вод по капиллярам** на некоторую высоту, т. е. это вода, которая содержится в слое почвы непосредственно над водоносным горизонтом и гидравлически с ним связана, подпираемая водами этого горизонта. Капиллярно-подпертая вода встречается в почвенно-грунтовой толще любого гранулометрического состава.

Слой почвы или грунта, содержащий капиллярно-подпертую воду непосредственно над водоносным горизонтом, называют капиллярной каймой. Содержание воды в кайме уменьшается снизу вверх. Изменение влажности в песчаных почвах при этом происходит более резко. Мощность капиллярной каймы при равновесном состоянии воды в ней **характеризует водоподъемную способность почвы.**

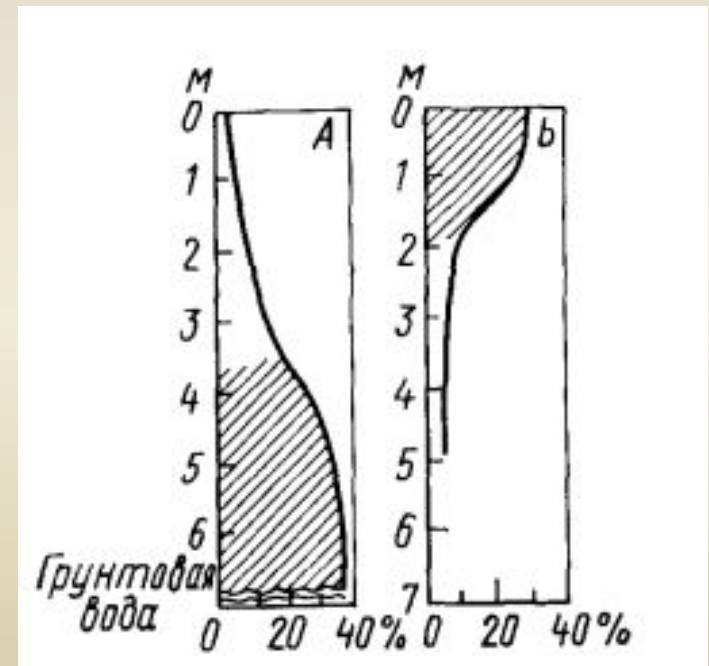


Рис. 10. Схема распределения капиллярно-подпертой (А) и капиллярно-подвешенной (Б) воды в почве (по В. А. Ковде, 1973)

1. Водные свойства почвы.

1.1. Категории (формы) и состояния почвенной воды.

Капиллярно-посаженная вода (подперто-подвешенная) об разуется в слоистой почвенно-грунтовой толще, в мелкозернистом слое при подстилании его слоем более крупнозернистым, над границей смены этих слоев. В слоистой толще из-за изменения размеров капилляров на поверхности раздела тонко- и грубодисперсных горизонтов возникают дополнительные нижние мениски, что способствует удержанию некоторого количества капиллярной воды, которая как бы «посажена» на эти мениски.

Поэтому в слоистой толще распределение капиллярной воды имеет свои особенности. Так, на контакте слоев различного гранулометрического состава наблюдается повышение влажности, в то время как в однородных почвогрунтах влажность равно мерно убывает либо вниз по профилю (при капиллярно-подвешенной воде), либо вверх по профилю (при капиллярно-подпертой воде). Влажность слоистой почвенно-грунтовой толщи при прочих равных условиях всегда выше влажности толщи однородной.

1. Водные свойства почвы.

1.1. Категории (формы) и состояния почвенной воды.

Гравитационная вода. Основным признаком свободной гравитационной воды является передвижение ее под действием силы тяжести, т. е. она находится вне влияния сорбционных и капиллярных сил почвы. Для нее характерны жидкое состояние, высокая растворяющая способность и возможность переносить в растворенном состоянии соли, коллоидные растворы, тонкие суспензии. **Гравитационную воду делят на:**

- просачивающуюся гравитационную;
- воду водоносных горизонтов (подпертая гравитационная вода).

Просачивающаяся гравитационная вода передвигается по порам и трещинам почвы сверху вниз. Появление ее связано с накоплением в почве воды, превышающей удерживающую силу менисков в капиллярах.

Вода водоносных горизонтов — это грунтовые, почвенно-грунтовые и почвенные воды (почвенная верховодка), насыщающие почвенно-грунтовую толщу до состояния, когда все поры и промежутки в почве заполнены водой (за исключением пор с заземленным воздухом). Эти воды могут быть либо застойными, либо, при наличии разности гидравлических напоров, стекающими в направлении уклона водоупорного горизонта. Удерживаются они в почве и грунте вследствие малой водопроницаемости подстилающих грунтов

1. Водные свойства почвы.

1.2. Водоудерживающая способность почвы.

Водными (водно-физическими, гидрофизическими) свойствами называют совокупность свойств почвы, которые определяют поведение почвенной воды в ее толще. **Наиболее важными водными свойствами являются:**

- водоудерживающая способность почвы (влагоемкость),
- водоподъемная способность,
- потенциал почвенной влаги,
- водопроницаемость.

Водоудерживающая способность — способность почвы удерживать содержащуюся в ней воду от стекания под влиянием силы тяжести. Количественной характеристикой водоудерживающей способности почвы является ее **влагоемкость**.

Влагоемкость почвы — способность поглощать и удерживать определенное количество воды (ПВ, НВ).

1. Водные свойства почвы.

1.2. Водоудерживающая способность почвы.

Наименьшая влагоемкость ($НВ$, $W_{НВ}$) — наибольшее количество капиллярно-подвешенной влаги, которое может удержать почва после стекания избытка влаги при глубоком залегании грунтовых вод. Наименьшая влагоемкость зависит от гранулометрического состава почв, от ее структурного состояния, плотности. В почвах тяжелых по гранулометрическому составу, хорошо структурированных $НВ$ почвы составляет 30—35%, в почвах песчаных она не превышает 10—15%. Наименьшая влагоемкость почв является очень важной гидрологической характеристикой почвы. С ней связано понятие о дефиците влаги в почве, по $НВ$ рассчитываются поливные нормы.

Дефицит влаги в почве представляет собой величину, равную разности между наименьшей влагоемкостью и фактической влажностью почвы.

Оптимальной влажностью считается влажность почвы, составляющая **70—100% наименьшей влагоемкости.**

1. Водные свойства почвы.

1.2. Водоудерживающая способность почвы.

Влажность почвы в состоянии наименьшей влагоемкости обозначается $W_{\text{нв}}$ и определяется по формуле влажности почвы.

$$W_{\text{нв}} = \frac{m_{\text{вл.}} - m_{\text{сух.}}}{m_{\text{сух.}}} \cdot 100 \%$$

где:

$W_{\text{нв}}$ – влажность почвы равная наименьшей влагоемкости, %

$m_{\text{вл.}}$ – вес влажной почвы, г;

$m_{\text{сух.}}$ – вес абсолютно сухой почвы (после сушки при температуре 105-110°C до постоянного веса), г.

$$W_{\text{д(нв)}} = W_{\text{нв}} \cdot d_v$$

где:

$W_{\text{д(нв)}}$ – объемная влажность почвы равная наименьшей влагоемкости, %

$W_{\text{нв}}$ – влажность почвы равная наименьшей влагоемкости, %;

d_v - плотность почвы, г/см³ или т/м³;

1. Водные свойства почвы.

1.2. Водоудерживающая способность почвы.

Полная влагоемкость (ПВ, $W_{пв}$) — наибольшее количество влаги, которое может содержаться в почве при условии заполнения ею всех пор, за исключением пор с заземленным воздухом, которые составляют, как правило, не более 5—8% от общей порозности.

Следовательно, ПВ почвы численно соответствует общей порозности почвы. При влажности, равной ПВ, в почве содержатся максимально возможные количества всех видов воды: связанной (прочно и рыхло) и свободной (капиллярной и гравитационной).

Можно сказать, что ПВ характеризует водовместимость почв. Поэтому эту величину называют также полной водовместимостью. Зависит она, как и наименьшая влагоемкость, не только от гранулометрического состава, но и от структурности и порозности почв. Полная влагоемкость колеблется в пределах 40—50%, в отдельных случаях она может возрасти до 80 или опуститься до 30%. Состояние полного насыщения водой характерно для горизонтов грунтовых вод.

1. Водные свойства почвы.

1.2. Водоудерживающая способность почвы.

Влажность почвы в состоянии полной влагоемкости обозначается $W_{пв}$ и определяется по формуле влажности почвы.

$$W_{пв} = \frac{m_{вл.} - m_{сух.}}{m_{сух.}} \cdot 100 \%$$

где:

$W_{пв}$ – влажность почвы равная полной влагоемкости, %

$m_{вл.}$ – вес влажной почвы, г;

$m_{сух.}$ – вес абсолютно сухой почвы (после сушки при температуре 105-110°C до постоянного веса), г.

$$W_{d(пв)} = W_{пв} \cdot d_v$$

где:

$W_{d(пв)}$ – объемная влажность почвы равная полной влагоемкости, %

$W_{пв}$ – влажность почвы равная полной влагоемкости, %;

d_v - плотность почвы, г/см³ или т/м³;

1. Водные свойства почвы.

1.3. Водопроницаемость почвы.

Водопроницаемость почв — способность почв и грунтов впитывать и пропускать через себя воду, поступающую с поверхности.

Водопроницаемость почв находится в тесной зависимости от их гранулометрического состава и химических свойств почв, их структурного состояния, плотности, порозности, влажности и длительности увлажнения

В почвах тяжелого гранулометрического состава она всегда (при прочих равных условиях) меньше, чем в легких. Сильно снижает водопроницаемость почв присутствие набухающих коллоидов, особенно насыщенных Na^+ или Mg^{2+} , поскольку при увлажнении такие почвы быстро набухают и становятся практически водонепроницаемыми. Почвы оструктуренные, рыхлые характеризуются большими коэффициентами впитывания и фильтрации.

1. Водные свойства почвы.

1.3. Водопроницаемость почвы.

Механизм проникновения воды в почву

Просачивание воды в почву совершается под действием следующих сил:

- 1) силы тяжести просачивающегося столба воды;
- 2) всасывающей силы капиллярных менисков, измеряемой высотой капиллярного всасывания воды данной почвой;
- 3) давления поверхностного слоя воды.

1. Водные свойства почвы.

1.3. Водопроницаемость почвы.

В процессе поступления воды в почву и дальнейшего передвижения ее выделяют **2 этапа водопроницаемости:**

1) поглощение воды почвой и прохождение ее от слоя к слою в ненасыщенной водой почве (**впитывание, инфильтрация**);

2) фильтрацию воды сквозь толщу насыщен ной водой почвы

При этом первый этап представляет со бой впитывание почвы и характеризуется коэффициентом впитывания Второй этап — это фильтрация Интенсивность прохождения воды в почвенно-грунтовой толще насыщенной водой, характеризуется коэффициентом фильтрации.

1. Водные свойства почвы.

1.3. Водопроницаемость почвы.

Водопроницаемость измеряется количеством влаги, поступавшей в почву с ее поверхности. В первый период она обычно очень велика, затем уменьшается и к концу фильтрации становится постоянной.

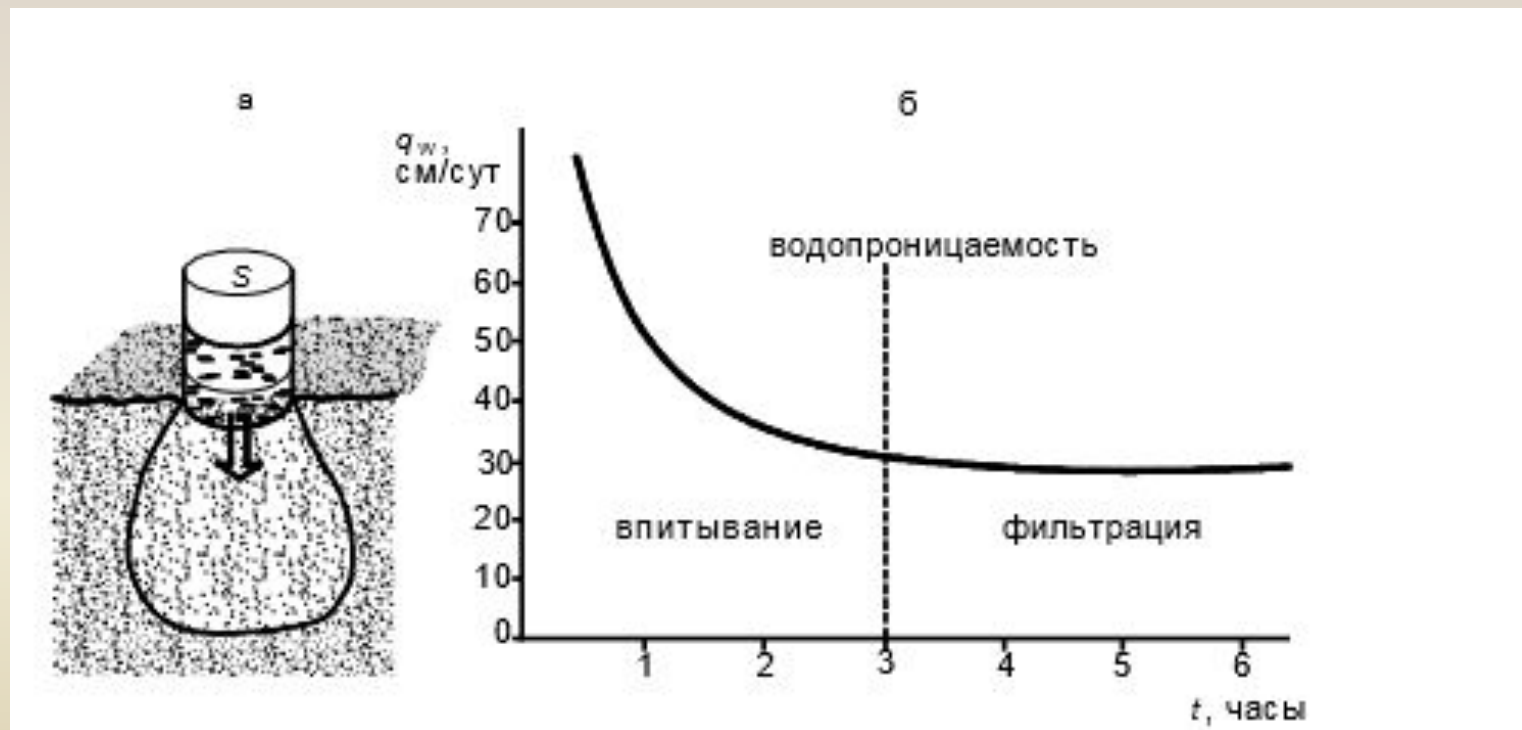


Рис. 11. Цилиндр для определения водопроницаемости почвы (а) и изменение скорости водопроницаемости, отражающее 2 стадии процесса водопроницаемости – впитывание и фильтрацию (б)

Источник: Шеин Е.В. Агрофизика, 2006 г.

1. Водные свойства почвы.

1.3. Водопроницаемость почвы.

Просачивание воды в почвогрунты может осуществляться по трещинам, ходам и порам больших размеров и в виде капиллярного движения по каналам и порам небольшого сечения, когда проявляется действие капиллярных сил.

При этом начальная стадия просачивания, когда силы трения и силы сопротивления почвенного воздуха, вытесняемого из пор при просачивании, малы, а преобладают капиллярные силы, называется **впитыванием (поглощением, инфильтрацией)**.

По мере увеличения толщины слоя почвогрунта, в котором поры заполнены водой, действие капиллярных сил затухает, и дальнейшее продвижение воды происходит под преобладающим действием силы тяжести со скоростью, соответствующей коэффициенту фильтрации данного почвогрунта. **Эту стадию явления просачивания называют фильтрацией.**

Впитывание воды в почву осуществляется сорбционными и капиллярными силами, промачивание — капиллярными, фильтрация — гравитационными силами.

1. Водные свойства почвы.

1.3. Водопроницаемость почвы.

Количественными характеристиками впитывания, или инфильтрации, являются интенсивность и суммарная величина.

Под интенсивностью (коэффициентом) впитывания понимают количество воды в миллиметрах слоя, поглощенной почвой в единицу времени (мм/мин).

Суммарная величина впитывания характеризуется слоем воды, поглощенной почвой за некоторый промежуток времени, и выражается в мм.

Когда мы говорим, что водопроницаемость почвы за тот или иной промежуток времени равна, скажем, 10 мм/час, то это значит, что за часовой промежуток времени в почву впитался слой воды толщиной 10 мм.

Нетрудно видеть, что водопроницаемость, выраженная таким образом, имеет размерность скорости (длина, деленная на время). И действительно, это есть та скорость, с которой понижается уровень воды, находящейся над поверхностью почвы и впитывающейся в почву.

1. Водные свойства почвы.

1.3. Водопроницаемость почвы.

Интенсивность впитывания зависит не только от водных свойств почвогрунтов, но в значительной степени определяется и их влажностью. Если почва сухая, она обладает большой инфильтрационной способностью и в первый период времени после начала дождя интенсивность впитывания близка к интенсивности дождя. С увеличением влажности почвогрунтов интенсивность инфильтрации постепенно уменьшается и при достижении полной влагоемкости в стадии фильтрации становится постоянной, равной коэффициенту фильтрации данного почвогрунта.

Если все поровое пространство заполнено водой, то процесс движения влаги в такой двухфазной (только твердая и жидкая фазы) системе называют фильтрацией.

При описании этого процесса считают, что *по всем порам вода движется с одинаковой скоростью*, формируя фильтрационный фронт в насыщенной водой почве. Такие условия в почве бывают нечасто и в основном характерны для движения грунтовых вод, верховодки, при весеннем снеготаянии. Именно фильтрация воды в почве является основой для понимания процессов движения воды в почве.

1. Водные свойства почвы.

1.3. Водопроницаемость почвы.

Фильтрация может происходить по различным направлениям:

- горизонтально (рис. 12,а);
- вертикально вниз (рис. 12,б);
- вертикально вверх (рис. 12,в).

Таким образом, движение воды в грунте происходит под действием возникающего в нем градиента напора.

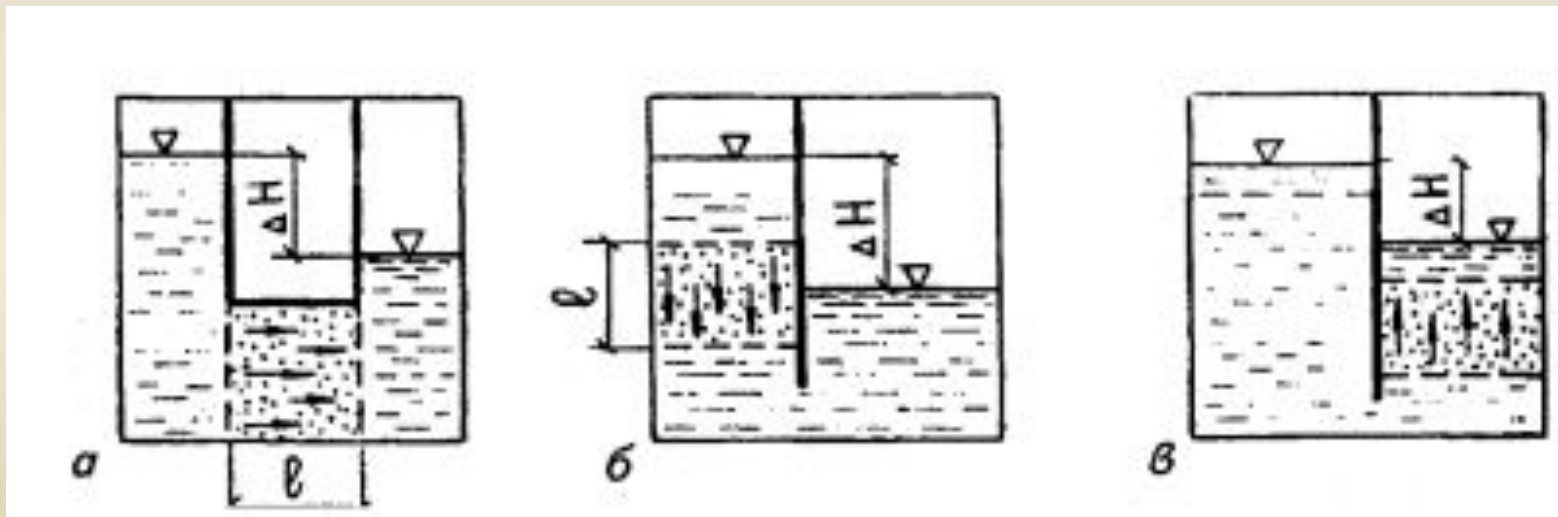


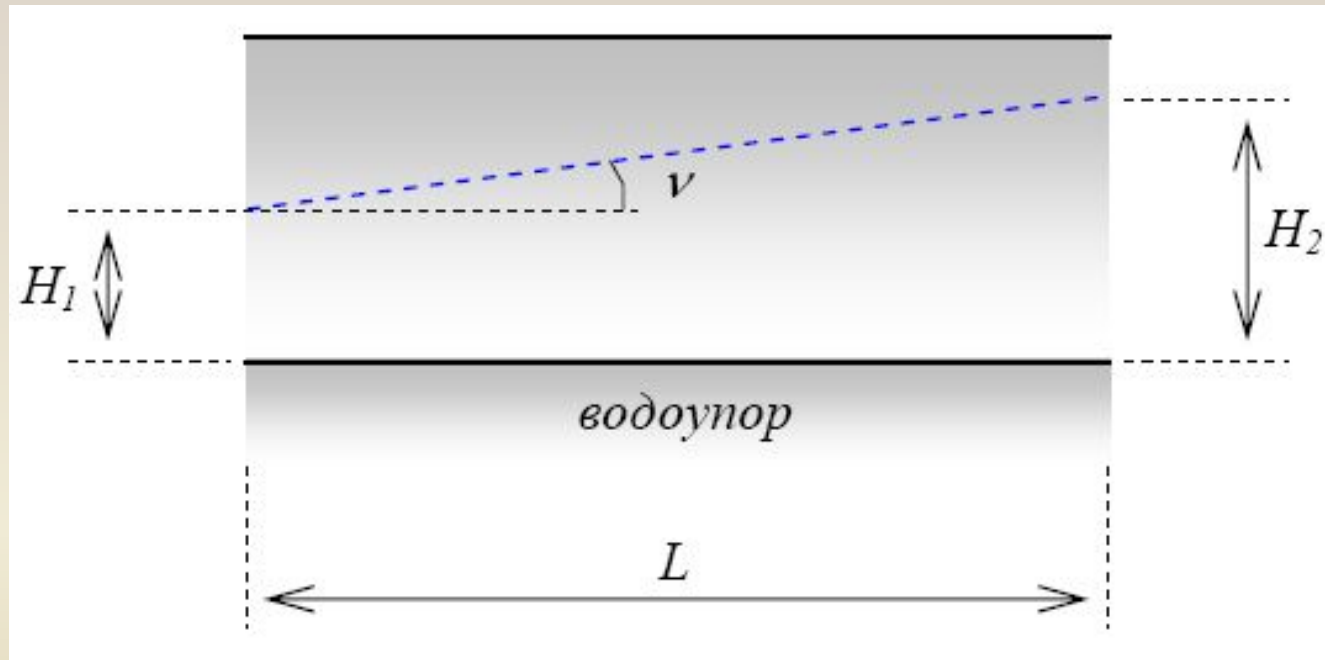
Рис. 12. Схемы движения воды в фунтах: l — длина или высота образца грунта; ΔH — разность отметок воды перед входом в образец и выходом из него

Источник: <http://www.drillings.su/>.

1. Водные свойства почвы.

1.3. Водопроницаемость почвы.

Движение воды происходит с тем большей скоростью, чем больше уклон поверхности уровня грунтовых вод (так называемый «**гидравлический градиент**»).



Гидравлический градиент (i) равен отношению потери напора $H = H_2 - H_1$ к длине пути фильтрации L .

$$i = \operatorname{tg} \nu = \frac{H_2 - H_1}{L} = \frac{H}{L}.$$

Рис. 13. Напорные грунтовые воды

Источник: <http://www.zimbelmann.ru/>

1. Водные свойства почвы.

1.3. Водопроницаемость почвы.

Расход воды в единицу времени через единицу площади поперечного сечения грунта (скорость фильтрации) прямо пропорционален гидравлическому градиенту i :

$$V_{\phi} = K_{\phi} \cdot i;$$

где:

K_{ϕ} - коэффициент фильтрации, равный скорости фильтрации при гидравлическом градиенте, равном единице;

$$i = 1 \text{ [см/сек, см/год]}.$$

Коэффициент фильтрации зависит от типа грунта и определяется экспериментально.

Движение воды в песчаных и глинистых грунтах невелика.

1. Водные свойства почвы.

1.3. Водопроницаемость почвы.

Зависимость скорости фильтрации от гидравлического градиента i . Для водопроницаемых грунтов (пески, галечники) зависимость прямая.

Фильтрация воды в глинистых грунтах начинается при достижении некоторой начальной величины градиента i , преодолевающей внутреннее сопротивление движению, оказываемое водно-коллоидными пленками.

В результате закон ламинарной фильтрации для связных грунтов будет иметь вид:

$$v_{\phi} = k_{\phi} \cdot (i - i_0).$$

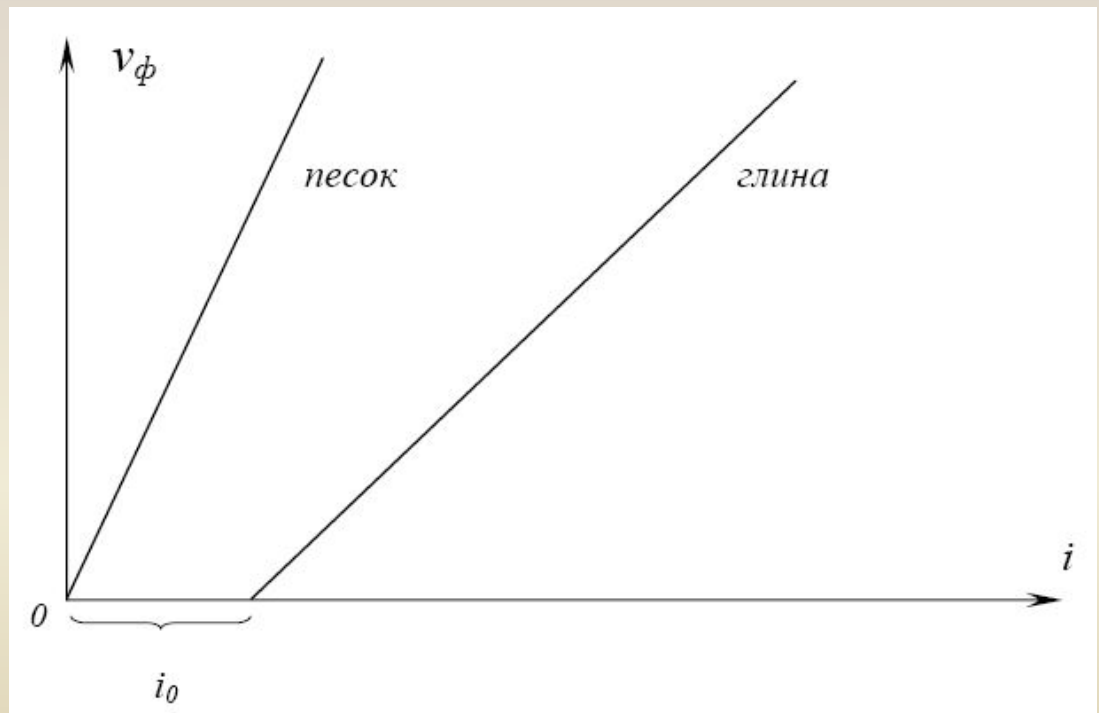


Рис. 14. Зависимость скорости фильтрации от гидравлического градиента i_0 - начальный гидравлический градиент

Источник: <http://www.zimbelmann.ru/>

1. Водные свойства почвы.

1.3. Водопроницаемость почвы.

Коэффициент фильтрации широко используется в практике гидрогеологических расчетов, характеризует водопроницаемость грунтов, зависит от гранулометрического состава, плотности и пористости грунта. Коэффициент фильтрации определяется в лабораторных и полевых условиях.



Рис. 15. Двухкольцевой инфильтромтр для замера фильтрующей способности грунта по ГОСТ 23278

Источник: Андрей Ратников. //САНТЕХНИКА №4'2016,/

1. Водные свойства почвы.

1.4. Водоподъемная способность почвы.

Водоподъемная способность почв — свойство почвы вызывать восходящее передвижение содержащейся в ней воды за счет капиллярных сил. Высота подъема воды в почвах и скорость ее передвижения определяются в основном гранулометрическим и структурным составом почв, их порозностью. Чем почвы тяжелее и менее структурны, тем больше потенциальная высота подъема воды, а скорость подъема ее меньше (рис. 23). Ниже приведена водоподъемная способность грунтов и почв в зависимости от гранулометрического состава (В. А. Ковда, 1973):

<i>Гранулометрический состав</i>	<i>Водо-подъемная способность, м</i>	<i>Гранулометрический состав</i>	<i>Водо-подъемная способность, м</i>
Крупный песок	0,5	Суглинок средний	2,5—3,0
Средний песок	0,5-0,8	Суглинок тяжелый	3,0—3,5
Супесь	1,0—1,5	Глина тяжелая	4,0—6,0
Пылеватая супесь	1,5—2,0	Лессы	4,0—5,0

2. Почвенно-гидрологические константы.

выделяют определенные интервалы влажности, в пределах которых какая-то часть влаги обладает одинаковыми свойствами и степенью доступности ее для растений. **Почвенно-гидрологические константы** – это граничные значения влажности, при которых количественные изменения в подвижности и свойствах воды переходят качественные, это некоторые характерные для каждой почвы значения влажности, которые используются при практических расчетах и сравнительных оценках. Выделяют следующие почвенно-гидрологические константы:

- гигроскопическая влажность;
- максимальная гигроскопическая влажность;
- влажность разрыва капилляров;
- влажность устойчивого завядания растений;
- наименьшая влагоемкость;
- полная влагоемкость;
- капиллярная влагоемкость.

2. Почвенно-гидрологические константы.

Влажность устойчивого завядания, или влажность завядания (**ВЗ, $W_{ВЗ}$**), — влажность, при которой растения проявляют признаки устойчивого завядания, т е такого завядания, когда его признаки не исчезают даже после помещения растения в благоприятные условия. Численно ВЗ равна примерно 1,5 максимальной гигроскопичности. Эту величину называют также коэффициентом завядания. Содержание воды в почве, соответствующее влажности завядания, является нижним пределом доступной для растений влаги.

Влажность завядания определяется как свойствами почв, так и характером растений. В глинистых почвах она всегда выше, чем в песчаных. Заметно возрастает она и в почвах засоленных и содержащих большое количество органических веществ, особенно неразложившихся, растительных остатков (торфянистые горизонты почв). Так, в глинах ВЗ составляет 20—30%, в суглинках— 10—12, в песках— 1—3, у торфов — до 60—80%. Засухоустойчивые растения завядают при меньшей влажности, чем влаголюбивые.

2. Почвенно-гидрологические константы.

Влажность устойчивого завядания растений определяется методом вегетационных миниатюр, когда растения выращивают в небольших стаканчиках емкостью около 100 см³ до стадии третьего листа. Поверхность почвы покрывают от испарения песком или парафином и прекращают полив. Когда обнаруживаются признаки завядания растения ставят на ночь во влажную камеру. И если после нахождения во влажной атмосфере потери тургора будет заметна, - это означает, что в почве достигнута влажность соответствующая ВЗ. Чем тяжелее механический состав почвы, чем больше в ней органического вещества, тем выше ВЗ. В среднем она составляет: в песках – 1 – 3 %, в супесях – 3 – 6 %, в суглинках – 6 – 15 %, в торфяных почвах – 50 – 60 %.



Рис. 16. Определение влажности завядания растений методом вегетационных миниатюр

Источник: Шеин Е.В. Агрофизика, 2006.

2. Почвенно-гидрологические константы.

Влажность разрыва капилляров ($ВРК$, $W_{ВРК}$). Капиллярно-подвешенная вода при испарении передвигается в жидкой форме к испаряющей поверхности в пределах всей промоченной толщи по капиллярам, сплошь заполненным водой. Но при определенном снижении влажности, характерном для каждой почвы, восходящее передвижение этой воды прекращается или резко затормаживается. Потеря способности к такому передвижению объясняется тем, что в почве при испарении исчезает сплошность заполнения капилляров водой, т. е. в ней не остается систем пор, сплошь заполненных влагой и пронизывающих промоченную часть почвенной толщи. Эту критическую величину влажности называют влажностью разрыва капиллярной связи ($ВРК$). Таким образом, влажность разрыва капилляров — это влажность, при которой подвижность капиллярной воды в процессе снижения влажности резко уменьшается. Вода, однако, остается в мельчайших порах, в углах стыка частиц (мениски стыковой влаги). Эта влага неподвижна, но физиологически доступна корешкам растений. Для суглинистых и глинистых почв $ВРК$ равна 65-70% от $НВ$.

3. Продуктивная влага для растений.

1. **Недоступная вода.** Это вся **прочносвязанная вода**, составляющая в почве так называемый мертвый запас воды. Недоступность этой воды объясняется тем, что всасывающая сила корней намного меньше сил, которые удерживают эту воду на поверхности почвенных частиц.
2. **Весьма труднодоступная.** Эта категория представлена в основном **рыхлосвязанной** (пленочной) водой. Трудная доступность ее обусловлена низкой подвижностью этой воды. Вода не успевает подтекать к корневым волоскам.
3. **Труднодоступная вода** лежит в пределах между ВЗ и ВРК. Это в основном **рыхлосвязанная вода**. В этом интервале влажности растения могут существовать, но продуктивность их снижается. Уменьшение доступности воды отражается в первую очередь не на внешнем состоянии растений (завядание), а на снижении их продуктивности.
4. **Доступная вода** отвечает диапазону влажности ВРК до НВ. Это **свободная** вода. В этом интервале вода обладает значительной подвижностью, и растения поэтому могут бесперебойно снабжаться ею.

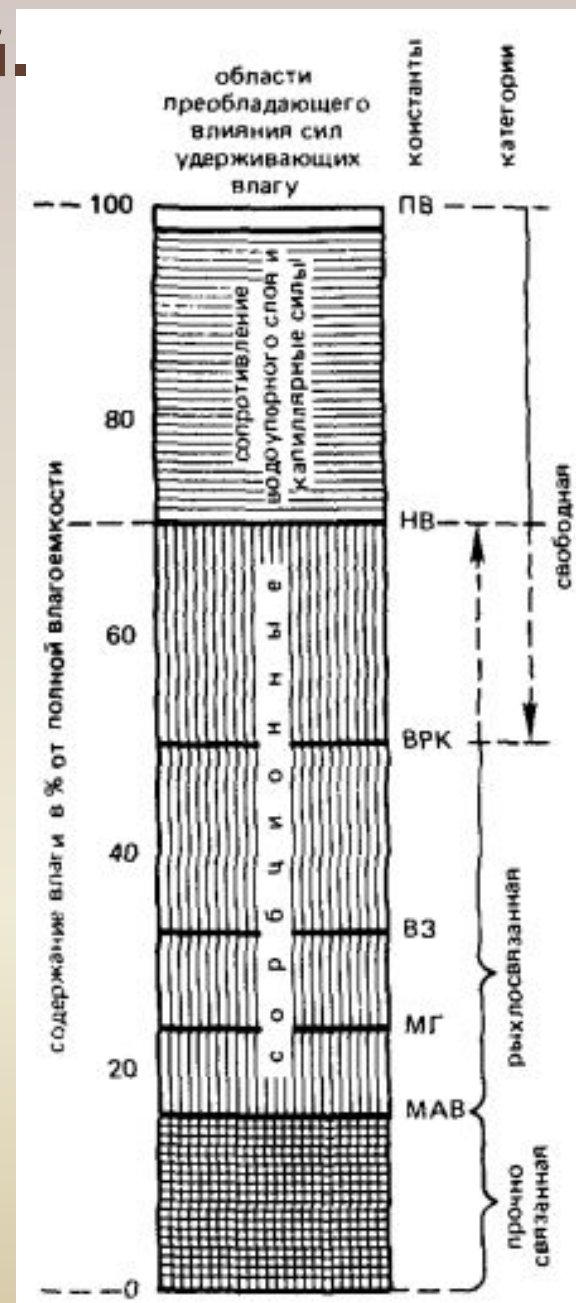


Рис. 17. Категории почвенной воды и почвенно-гидрологические константы

Источник: А.А.Роде, 1965.

3. Продуктивная влага для растений.

Диапазон (ПВ – НВ) – диапазон подвижной влаги. Указывает на количество воды, которое может стечь при наличии свободного стока из рассматриваемой почвенной толщи. В этом диапазоне содержится гравитационная вода. Она легко доступна, но избыточна, поэтому непродуктивна. Почва способна отдавать гравитационную воду путём стекания. Разница между полной и наименьшей влагоёмкостью характеризует максимальную водоотдачу

Диапазон (НВ-ВЗ) – диапазон продуктивной влаги. В песчаных почвах он достигает 6-8%, в суглинистых – 12-17%. Максимум приходится на средне-, тяжелосуглинистые почвы.

Диапазон (НВ-ВРК) – диапазон легкоподвижной, легкодоступной для растений влаги. Это наиболее эффективная часть доступной влаги. Вода поступает к корням по капиллярам, в основном в жидком виде. Этот диапазон влажности следует поддерживать в корнеобитаемом слое, чтобы, с одной стороны, избежать непродуктивных потерь влаги на стекание ее в нижележащие слои и в то же время способствовать наиболее эффективной работе фотосинтетического аппарата растений.

Диапазон (ВРК-ВЗ) – диапазон низкой продуктивной влаги для растений. Труднодоступная. Влага представлена рыхлосвязанной водой. Передвигается в форме пара. Возможен пленочный механизм передвижения воды.

Диапазон (ВЗ-МГ) – диапазон труднодоступной влаги. Подвижность воды низкая. Малоподвижная в форме пара, неподвижная.

3. Продуктивная влага для растений.

Константы	Форма связи	Подвижность	Категория (форма)	Удерживающие силы	Состояние почвы
ГВ, МГ	Прочно-связанная	Неподвижная	Адсорбированная	Молекулярные (Ван-дер-Ваальса), химические, электростатические	Тонкие поверхностные слои почвы полного физического иссушения
ВЗ, ВРК	Рыхло-связанная	Слабо-подвижная	Пленочная	Поверхностно-молекулярные	Слои почвы от слабого до полного биологического иссушения
НВ	Слабо-связанная	Подвижная	Пленочно-капиллярная	Капиллярно-сорбционные	Слой почвы после длительного свободного стекания
КВ	Несвязанная	Подвижная	Капиллярная	Капиллярные	Капиллярная кайма над грунтовыми водами, подперто-подвешенная влага
ПВ	Несвязанная	Свободная	Гравитационная	Гравитационные	Почвенная верховодка, надмерзлотная верховодка

Рис. 18. Характеристика почвенно-гидрологических констант

Источник: Шеин Е.В. Курс физики, 2006 г.

3. Продуктивная влага для растений.

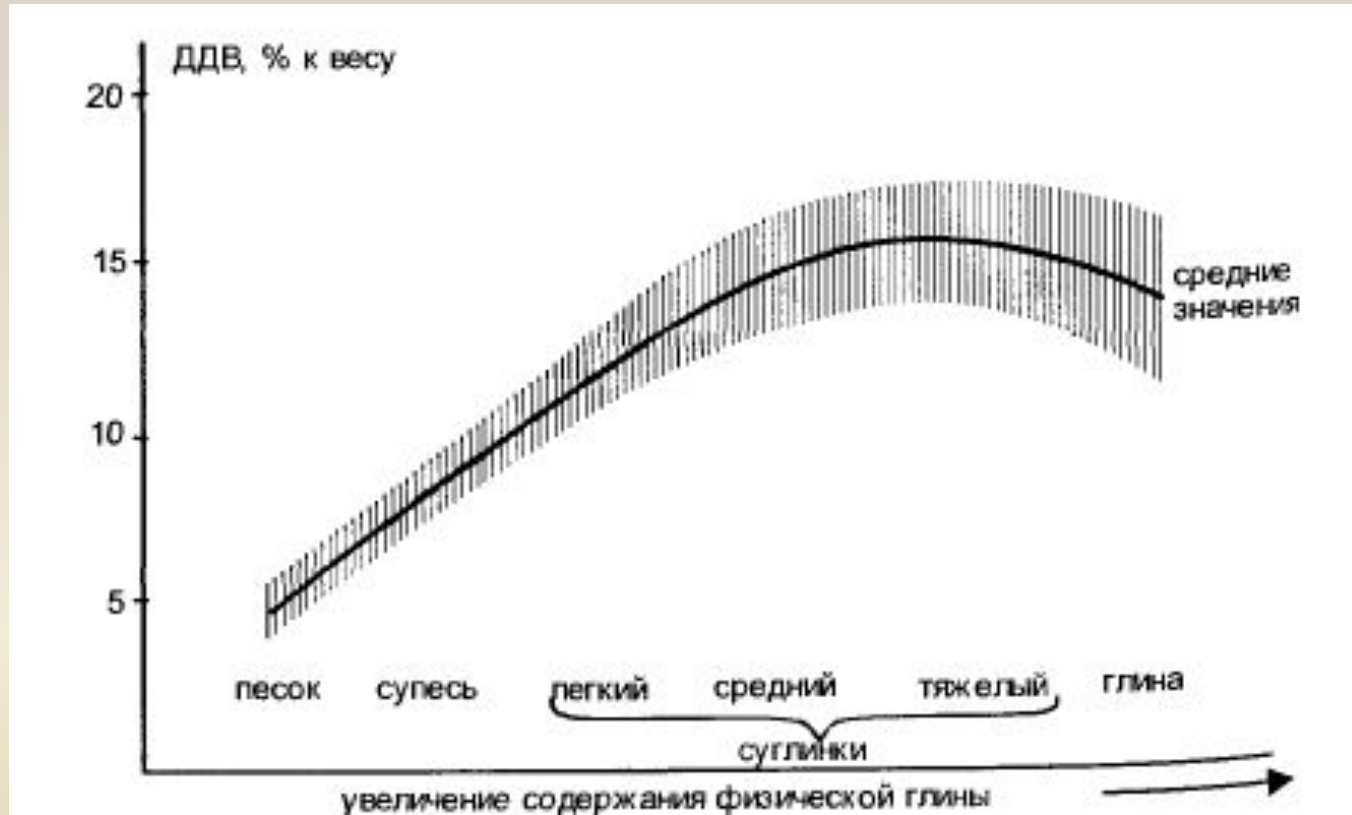


Рис. 19. Содержание доступной для растений (ДДВ) для различных классов почв по гранулометрическому составу

Источник: Шеин Е.В. Курс физики, 2006 г.

3. Продуктивная влага для растений.

Таким образом, **продуктивная (полезная) влага** в почве находится в интервале влажности **ВЗ – НВ**, а **наиболее благоприятная, высокопродуктивная влага – ВРК – НВ (ВТР – НВ)**.

ВЗ – нижний предел (порог) продуктивной влаги в почве,, равный 0.8–0.6 НВ

ВЗ = 1.5 МГ

НВ – верхний предел продуктивной влаги в почве.

ВРК – нижний предел продуктивной влаги в почве

4. Водный режим почвы.

В Зависимости от поступления влаги в почву, ее перемещения, изменений физического состояния и расхода из почвы Г. М. Высоцкий, А. А. Роде установили **6 типов водного режима**:

- мерзлотный
- промывочный,
- периодически промывочный,
- Непромывной
- Выпотной
- Ирригационный

4. Водный режим почвы.

Мерзлотный тип. Имеет место в районах распространения вечной мерзлоты. Мерзлый слой грунта, являясь водоупором, обуславливает наличие надмерзлотной верховодки, поэтому верхняя часть оттаявшей почвы в течение вегетационного периода насыщена водой. Почва оттаивает на глубину 1-4м. Годовой водооборот охватывает лишь почвенный слой.

4. Водный режим почвы.

Промывной тип формируется в том случае, когда количество осадков, выпавшее за год, превышает величину испаряемости за тот же период, т. е. при **$K_{ув} > 1$** .

В годовом и многолетних циклах влагооборота нисходящие токи влаги преобладают над восходящими. Весной и осенью происходит ежегодное сквозное промачивание почвенной толщи вплоть до грунтовых вод, благодаря чему происходит активный вынос всех растворимых и геохимически подвижных продуктов выветривания и почвообразования за пределы почвенного профиля.

Водный режим такого типа характерен для почв лесных зон подзолистых, дерново-подзолистых, бурых лесных и др. В весенний период верхняя часть профиля этих почв часто находится в переувлажнённом состоянии и на некоторой глубине образуется верховодка, в нижней части профиля влажность практически никогда не бывает меньше наименьшей влагоемкости.

4. Водный режим почвы.

Периодически промывной тип соответствует климатическим условиям со среднемноголетней сбалансированностью осадков и испаряемости (**$K_{ув}=1$**), как, например, в северной части лесостепной зоны, где формируются оподзоленные и выщелоченные черноземы.

Сквозное промачивание почвенного профиля (промывной тип водного режима) имеет место только во влажные годы (1-2 раза в 10-15 лет). В обычные по увлажнению и засушливые годы происходит ограниченное промачивание почвы, что характерно для непромывного типа водного режима, влагооборот осуществляется в пределах почвенного профиля. В нижней части профиля почва периодически иссушается до влажности разрыва капилляров, в верхней - до влажности завядания.

4. Водный режим почвы.

Промывной тип водного режима формируется в почвах степной и сухостепной зон (обыкновенные и южные черноземы, каштановые почвы), где средняя годовая норма осадков меньше величины испаряемости (**$K_{ув} < 1$**).

Мощность почвенного профиля, вовлекаемая в годовой влагооборот, чаще всего не превышает 2 м. При этом атмосферные осадки не достигают верхней границы капиллярной каймы грунтовых вод. Связь между атмосферной (почвенной) и грунтовой влагой осуществляется через слой с постоянно низкой влажностью, близкой к влажности завядания. Этот слой Г.Н.Высоцкий назвал мертвым горизонтом. Передвижение воды через мертвый горизонт в том или ином направлении осуществляется в форме пара или пленочной влаги.

В верхней части профиля влажность почв, формирующихся в условиях водного режима непромывного типа, колеблется в соответствии с выпадающими атмосферными осадками от полной влагоемкости до влажности завядания. В нижних горизонтах влажность почв в течение всего года находится между влажностью завядания и влажностью разрыва капилляров.

Почвы, сформировавшиеся в условиях водного режима непромывного типа, отличаются от почв с водным режимом периодически промывного и промывного типов меньшей выщелоченностью от подвижных продуктов почвообразования. В профиле таких почв всегда выделяют горизонты, обогащённые водорастворимыми соединениями (гипсом, карбонатами кальция и др.), расположенными ниже той глубины, на которую происходит среднемноголетнее промачивание почвы атмосферными осадками.

4. Водный режим почвы.

Выпотной тип водного режима формируется в почвах при неглубоком залегании уровня грунтовых вод в степной и особенно полупустынной и пустынной зонах, т. е. там, где испаряемость заметно превышает количество выпадающих осадков.

В таких условиях происходит интенсивное восходящее передвижение влаги по капиллярам от грунтовых вод к поверхности почвы и ее последующее испарение. Если грунтовые воды минерализованные, то верхние горизонты обогащаются водорастворимыми солями, что ведет к формированию обширной группы засоленных почв и луговых солончаков разного химизма и степени засоления.

Иригационный тип создается при дополнительном увлажнении почвы оросительными водами. При орошении в разные периоды проявляются разные типы водного режима. В период полива имеет место промывной тип, сменяющийся непромывным и даже выпотным, то есть в почве периодически преобладают то восходящие, то нисходящие потоки влаги.

4. Водный режим почвы.

Важной характеристикой водного режима почв является **водный баланс**, отражающий изменение запасов влаги в почвенном профиле за определенный промежуток времени на основе изучения всех видов поступления и расходования жидкой влаги для заданного слоя.

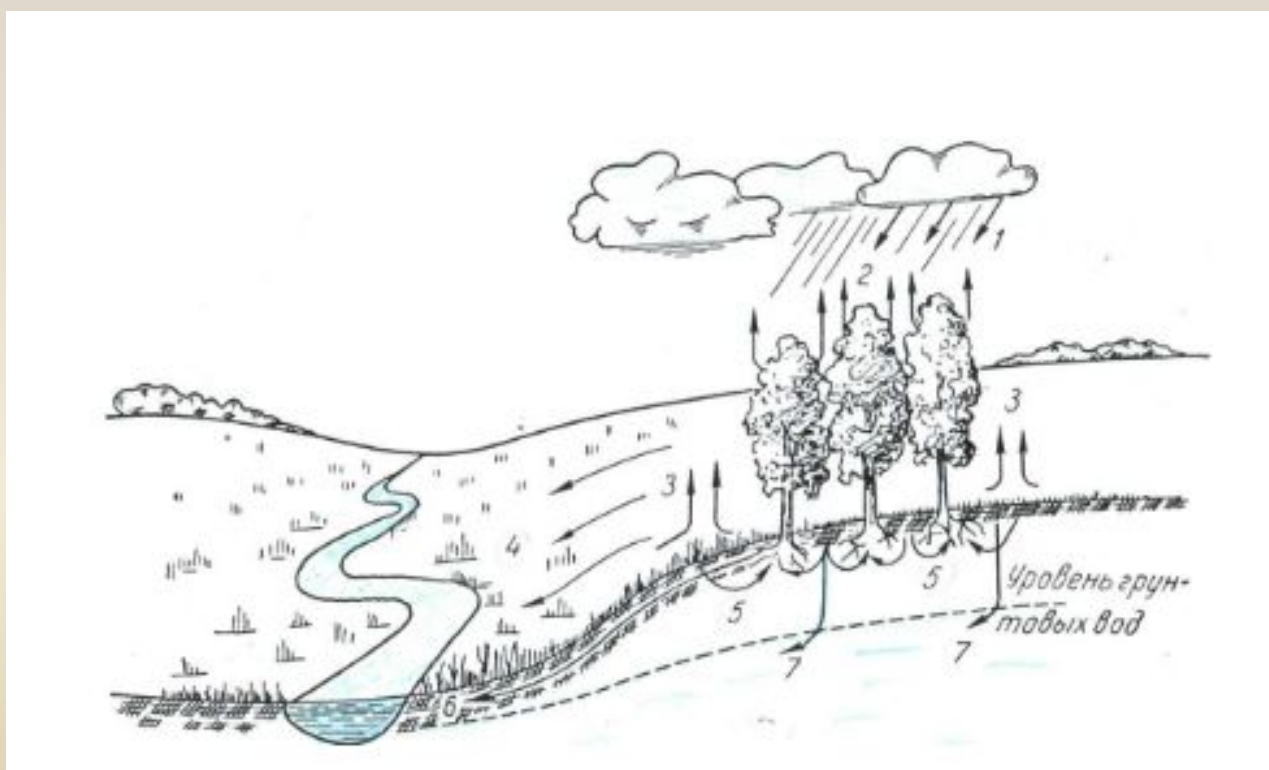


Рис. 20. Схема водного баланса почвы

- 1- Атмосферные осадки; 2 – испарение с поверхности растительности;
3 – испарение с поверхности почвы; 4 – поверхностный сток;
5 – десукция растениями; 6 – внутрипочвенный сток; 7 – грунтовый сток.

4. Водный режим почвы.

Водный баланс измеряется в мм, м³/с или л/(с · м²). Для характеристики соотношения расхода и прихода влаги используется общее уравнение водного баланса водоразделенных равнинных территорий в общей форме выражается следующим уравнением (по А.А. Роде):

$$B_1 = B_0 + (O_c + K + \text{ГрП}) - (D + \text{Исп} + \text{ПС} + \text{ВПС} + \text{ГрС}),$$

Статьи прихода:

B_1 B_0 – запас влаги в почвенной толще в конце и в начале изучаемого периода

O_c – сумма осадков

K – величина конденсационной влаги

ГрП – количество влаги, поступившей в почву из грунтовых вод

Статьи расхода:

D – величина десукции;

Исп – величина физического испарения

ПС – величина поверхностного стока

ВПС – величина внутрипочвенного бокового стока;

ГрС – величина грунтового стока за весь период.

4. Водный режим почвы.

При промывном водном режиме уравнение водного баланса имеет следующий вид уравнения:

$$O_c > Д + Исп + ПС + ВПС.$$

При непромывном типе водного режима связь почвенной влаги с грунтовыми водами отсутствует, величины $ГрП$ и $ГрС$ в уравнении водного баланса равны нулю и уравнение имеет вид:

$$O_c = Д + Исп + ПС + ВПС.$$

Водный режим выпотного типа отличается тем, что сумма величин десукции и испарения превышает атмосферные осадки. Для водного режима этого типа уравнение водного баланса имеет следующий вид:

$$Д + Исп + ПС > O_c.$$

4. Водный режим почвы.

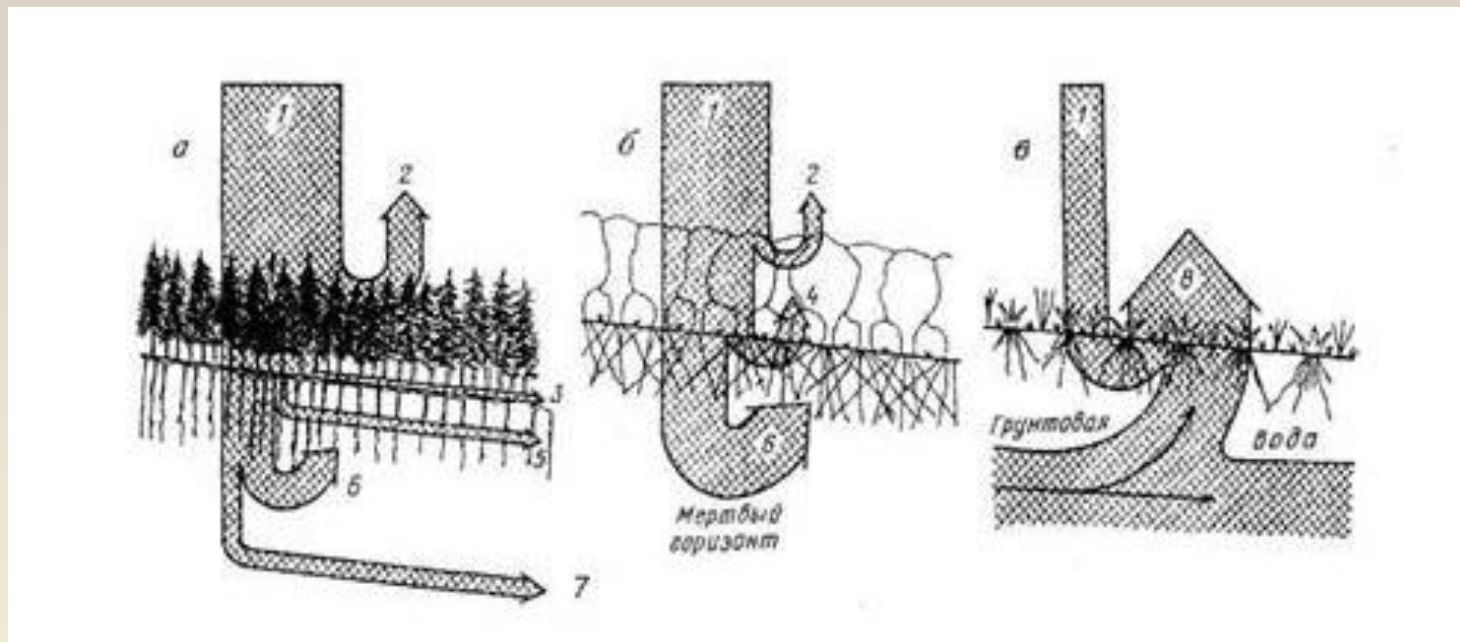


Рис. 21. Схема влагооборота водного баланса при различных типах режима

а — водный режим промывного типа, б — водный режим непромывного типа,
в — водный режим десуктивно-выпотного типа;

1 — осадки, 2 — влага, задержанная кронами, 3 — поверхностный сток, 4 — физическое испарение и десукция напочвенным растительным покровом, 5 — почвенный сток, 6 — десукция древесным пологом, 7 — грунтовый сток, 8 — испарение и десукция

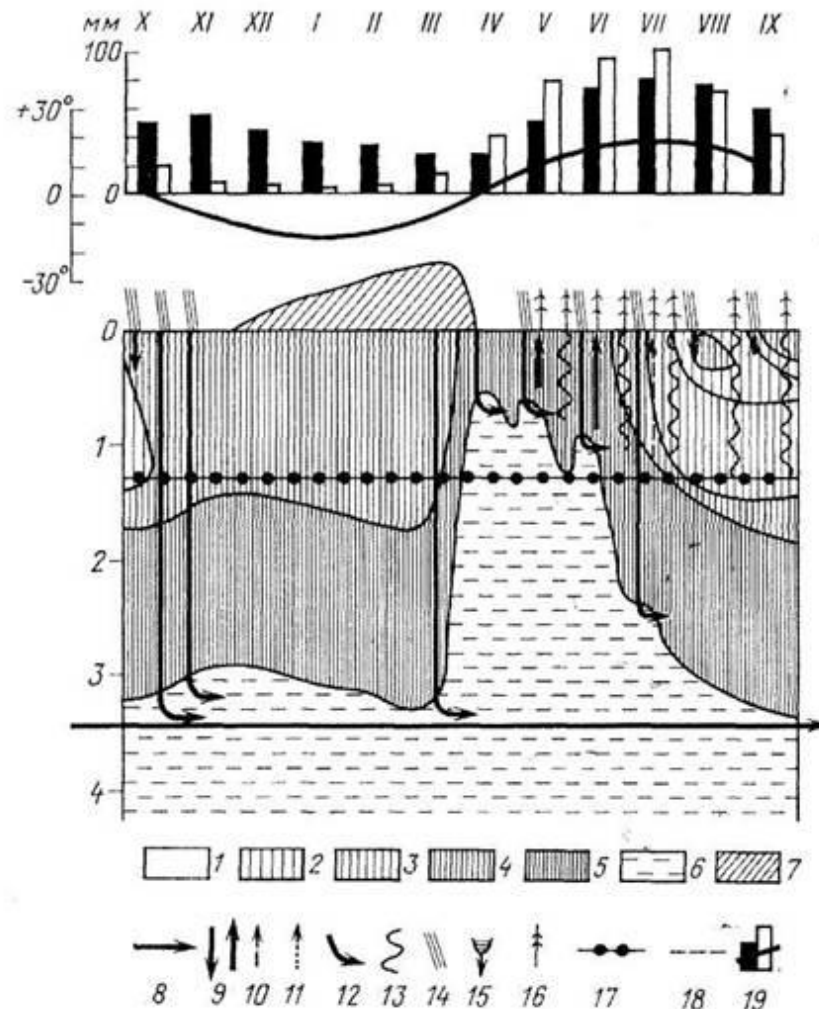
Источник: А.А. Роде. Методы изучения водного режима почв. 1960

4. Водный режим почвы.

Рис. 22. Водный режим таежного класса, промывной

1 — влажность ниже ВЗ; 2 — влажность от ВЗ до ВРК; 3 — влажность от ВРК до НВ; 4 — влажность равна НВ; 5 — влажность от ППВ до ПВ; 6 — влажность равна ПВ (водоносный горизонт); 7 — снег; 8 — грунтовый поток; 9 — гравитационное просачивание (слева) и капиллярное восходящее передвижение (справа); 10 — пленочно-капиллярное передвижение; 11 — пленочное передвижение; 12 — почвенный или почвенно-грунтовый сток; 13 — десукция; 14 — жидкие осадки; 15 — полив; 16 — испарение или транспирация; 17 — нижняя граница почвенного профиля; 18 — наибольшая глубина промачивания; 19 — месячные суммы осадков (слева), месячные суммы испаряемости (справа) и средние месячные температуры воздуха (линия)

Источник: А.А. Роде. Методы изучения водного режима почв. 1960

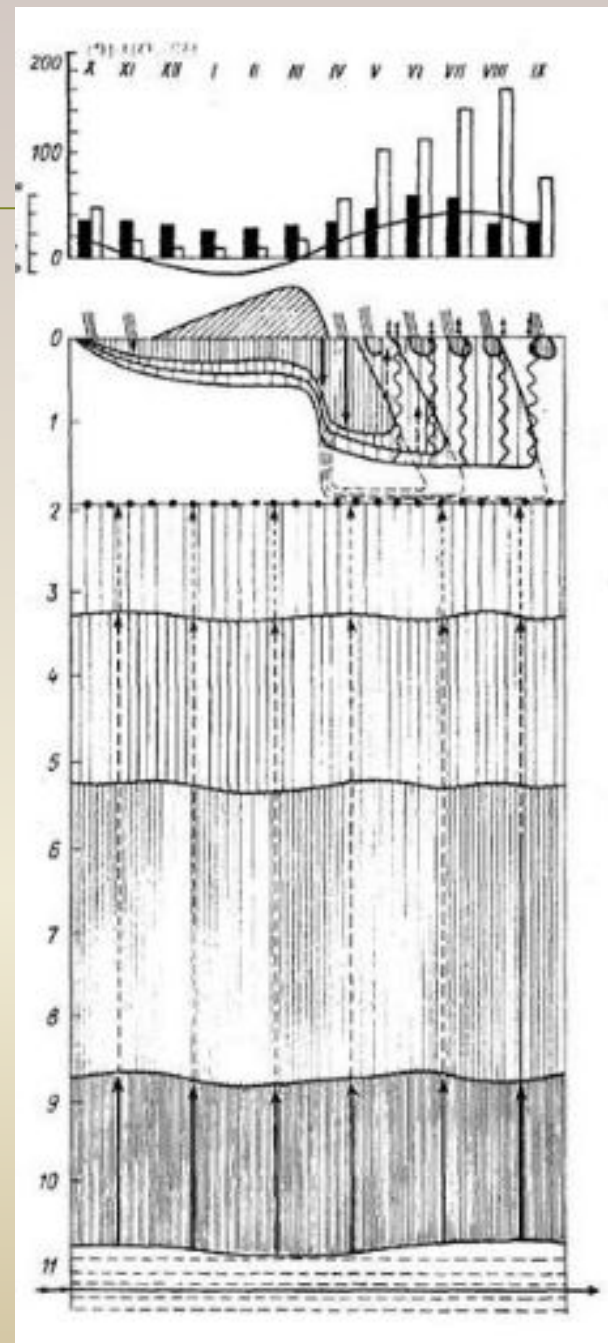


4. Водный режим почвы.

Рис. 23. Водный режим таежного класса, непромывной

1 — влажность ниже ВЗ; 2 — влажность от ВЗ до ВРК; 3 — влажность от ВРК до НВ; 4 — влажность равна НВ; 5 — влажность от ППВ до ПВ; 6 — влажность равна ПВ (водоносный горизонт); 7 — снег; 8 — грунтовый поток; 9 — гравитационное просачивание (слева) и капиллярное восходящее передвижение (справа); 10 — пленочно-капиллярное передвижение; 11 — пленочное передвижение; 12 — почвенный или почвенно-грунтовый сток; 13 — десукция; 14 — жидкие осадки; 15 — полив; 16 — испарение или транспирация; 17 — нижняя граница почвенного профиля; 18 — наибольшая глубина промачивания; 19 — месячные суммы осадков (слева), месячные суммы испаряемости (справа) и средние месячные температуры воздуха (линия)

Источник: А.А. Роде. Методы изучения водного режима почв. 1960



4. Водный режим почвы.

Рис. 24. Водный режим таежного класса, выпотной

1 — влажность ниже ВЗ; 2 — влажность от ВЗ до ВРК; 3 — влажность от ВРК до НВ; 4 — влажность равна НВ; 5 — влажность от ППВ до ПВ; 6 — влажность равна ПВ (водоносный горизонт); 7 — снег; 8 — грунтовый поток; 9 — гравитационное просачивание (слева) и капиллярное восходящее передвижение (справа); 10 — пленочно-капиллярное передвижение; 11 — пленочное передвижение; 12 — почвенный или почвенно-грунтовый сток; 13 — десукция; 14 — жидкие осадки; 15 — полив; 16 — испарение или транспирация; 17 — нижняя граница почвенного профиля; 18 — наибольшая глубина промачивания; 19 — месячные суммы осадков (слева), месячные суммы испаряемости (справа) и средние месячные температуры воздуха (линия)

Источник: А.А. Роде. Методы изучения водного режима почв. 1960

