

ВОДНЫЕ СВОЙСТВА И ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ

1. Категории, формы и виды воды в почве.
2. Водные свойства почв.
3. Типы водного режима и пути его регулирования.

1. Категории, формы и виды воды в почве

Поглощение и передвижение воды в почве происходит под действием следующих природных сил: сорбционных, капиллярных, осмотических и гравитационных.

В зависимости от прочности связи с почвой и степени подвижности выделяют следующие категории, формы и виды воды в почве:

I. Связанная.

1. Химически связанная:

- 1) конституционная (прочносвязанная);
- 2) кристаллизационная (прочносвязанная).

2. Физически связанная:

- 1) гигроскопическая (прочносвязанная);
- 2) пленочная (рыхлосвязанная);
- 3) внутрпочвенный лед (прочносвязанная).

II. Свободная.

1. Капиллярная:

- 1) стыковая (пендулярная или уголковая);
- 2) фуникулярная;
- 3) капиллярно-подвешенная;
- 4) капиллярно-подпертая;
- 5) подвижная.

2. Гравитационная:

- 1) просачивающаяся;
- 2) подпертая;
- 3) стекающая;
- 4) застойная;
- 5) грунтовая.

3. Парообразная.

Иногда к свободной воде относят **внутриклеточную воду**, которая становится доступна растениям после полного распада клеточной оболочки.

Связанная вода образуется путем сорбции (поглощения) парообразной и жидкой воды на поверхности твердых частиц. Связанная вода подразделяется на прочносвязанную и рыхлосвязанную.

Прочносвязанная вода – это вода, поглощенная почвой из парообразного состояния. Она непосредственно соприкасается с почвенными частицами и образует вокруг них тонкую пленку.

Рыхлосвязанная вода образуется при соприкосновении почвенных частиц с водой, находящейся в жидком состоянии. Она представляет собой дополнительную водную пленку, расположенную вокруг прочносвязанной.

1. Химически связанная вода входит в состав гидратных веществ, слагающих почву. Количество этой воды обычно невелико, но иногда достигает 5-7-12% и реже – более. Чем больше в почве силикатов и алюмосиликатов, тем выше содержание в ней химически связанной воды. Эта вода в почве не принимает непосредственного участия в физических процессах, не передвигается, не испаряется и совершенно недоступна растениям. Почву, содержащую химически связанную воду, называют **сухой** или **абсолютно сухой**.

Конституционная вода входит в состав молекул почвенных минералов в виде гидроксильных групп (ОН⁻), очень прочно связана с почвой и поэтому удаляется из нее при нагревании (прокаливании) почвы на 400-800°C. При этом происходит разрушение минералов. Наибольшее количество этой воды содержится в глинистых минералах.

Кристаллизационная вода входит в состав кристаллической решетки минералов в виде самостоятельных молекул. Например, у гипса (CaSO₄ • 2H₂O) она прочно связана с почвой и удаляется из нее при температуре 100-200°C. Она может переходить в раствор при растворении солей, поэтому наибольшее ее количество содержится в солончаках.

2. Физически связанная (сорбированная) вода в почве может находиться во всех трех агрегатных состояниях – газообразном, жидком и твердом. Значительная часть этой воды удерживается (сорбируется) на поверхности почвенных частиц с разной силой в результате проявления молекулярного взаимопритяжения между молекулами воды и почвы. При этом наиболее прочно молекулы сорбированной воды фиксируются вблизи почвенных частиц, а по мере удаления прочность фиксации снижается. В зависимости от прочности удержания воды сорбционными силами физически связанную воду подразделяют на 3 формы.

Гигроскопическая (прочносвязанная) вода – это парообразная вода, поглощенная почвой из воздуха и прочно удерживаемая на поверхности твердых частиц высоким давлением (17-36 тыс. атмосфер) в виде тончайшей пленки из двух-трех молекул воды.

Поглощение твердыми частицами почвы молекул парообразной и жидкой воды называется **сорбцией воды**. Способность почвы сорбировать пары воды из воздуха называется **гигроскопичностью**, а адсорбированная таким образом вода – **гигроскопической**. Почва, содержащая гигроскопическую воду, называется **воздушно-сухой**.

Молекулы гигроскопической воды удерживаются на поверхности почвенных частиц с большой силой, поэтому удалить их можно лишь продолжительным нагреванием почвы при температуре, равной 105°C. Эта вода не передвигается внутри почвенной толщи, совершенно недоступна растениям, обладает более высокой плотностью (1,2-1,6 до 2,4 г/см³), не растворяет соли, замерзает при температуре ниже нуля (имеются данные, что гигроскопическая вода не замерзает даже при температуре – 70°C).

Количество гигроскопической воды в почве зависит от влажности воздуха (чем влажнее воздух, тем больше воды адсорбируется почвой), дисперсности почвы (с увеличением суммарной поверхности почвы количество гигроскопической влаги выше), содержания органического вещества (чем богаче почва органическим веществом, тем больше в ней гигроскопической влаги), относительной плотности водяного пара в воздухе и температуры воздуха.

Максимальное количество гигроскопической воды, которое может поглотить почва из воздуха при условии полного его насыщения водяными парами (влажность 96% и выше), называется **максимальной гигроскопической влажностью (МГВ)**. Количество ее в почве зависит от тех же показателей, что и содержание гигроскопической воды, кроме влажности воздуха.

Знание величины максимальной гигроскопической влажности позволяет вычислить влажность завядания растений. В зависимости от свойств почв, вида растений отношение влажности завядания растений (ВЗ) к максимальной гигроскопической влажности (МГВ) составляет 1-3 (коэффициент завядания). При вычислении влажности завядания коэффициент принимается равным 1,5. Отсюда ВЗ (%) = 1,5 МГВ.

Таким образом, степень увлажненности почвы, при которой начинается устойчивое завядание растений, называется **влажностью завядания**. При устойчивом завядании растений тургор не восстанавливается даже после того, как их помещают в атмосферу, насыщенную водяными парами. У растений прекращается фотосинтез, а следовательно, создание урожая, т. е. влажность завядания является нижним пределом доступности влаги для растений.

Пленочная (рыхлосвязанная) вода.

При увеличении влажности почвы сверх максимальной гигроскопичности количество адсорбированной влаги возрастает и вокруг почвенных частиц образуются пленки воды, толщиной до нескольких десятков диаметров молекул воды. Такая вода называется **пленочной**.

Содержание пленочной воды зависит от гранулометрического состава почвы, содержания органического вещества, концентрации растворенных веществ, почвенного раствора.

Количество пленочной воды достигает в песчаных почвах 1,5% от веса почвы, суглинистых – до 15-17% и в глинистых почвах – до 30%.

Внутрипочвенный лед (вода в твердой форме).

Это потенциальный источник жидкой и парообразной воды. При понижении температуры почвы вначале замерзает свободная вода, а затем адсорбированная. Эту воду растения непосредственно не используют.

Наблюдается некоторое положительное влияние промерзания почвы на ее структуру при незначительном исходном увлажнении и отрицательное – при избыточном. В последнем случае внутрипочвенный лед разрушает микроагрегаты. Глубина промерзания почвы зависит от многих факторов: климатических условий, гранулометрического состава почв, степени исходного увлажнения, близости грунтовых вод.

Появление в почве воды в форме льда носит чаще всего сезонный, реже – многолетний характер.

II. Свободная вода – это вода, не связанная силами притяжения с почвенными частицами, она передвигается в почве под действием капиллярных и гравитационных сил и является доступной для растений и микроорганизмов.

Свободная вода подразделяется на капиллярную и гравитационную.

Капиллярная вода – это вода, которая находится в почве в порах малого диаметра – капиллярах и передвигается в них под действием капиллярных (менисковых) сил. Она является главным источником водоснабжения растений. Распределение капиллярной воды в почве зависит от строения почвы, размера пор, глубины залегания грунтовых вод и других факторов.

Гравитационная вода – это свободная вода, которая образуется в почве сверх капиллярной и под влиянием силы тяжести стекает вниз.

При увеличении влажности почвы до предела, когда капиллярные силы уже не в состоянии удерживать возрастающее количество воды, последняя заполняет все крупные поры и стекает в нижние горизонты или по уклону под влиянием гравитационных сил (собственной массы).

Гравитационная вода образуется после поливов, дождей и таяния снега. Эта вода доступна для растений, но вследствие большой скорости движения и кратковременного нахождения в почве сама непосредственно в питании растений участвует мало. Наибольшее количество гравитационной воды соответствует полной влагоемкости. Присутствие в почве в значительных количествах свободной гравитационной воды – явление неблагоприятное, которое свидетельствует об избыточном увлажнении и способствует заболачиванию.

Парообразная вода находится в составе почвенного воздуха в форме водяного пара. Источником парообразной воды в почве является свободная и сорбированная вода, а также водяные пары атмосферы. Содержание водяного пара в почвенном воздухе невелико (не больше 0,001% от веса почвы). Эта форма воды имеет значение как источник увлажнения верхних горизонтов почвы, особенно в засушливое время, а в районах недостаточного увлажнения – и зимой.

Парообразная вода характеризуется большой подвижностью

2. Водные свойства почвы

К основным водным свойствам почвы относят ее водоудерживающую способность, водопроницаемость, водоподъемную и испаряющую способность.

Водоудерживающая способность – это способность почвы удерживать содержащуюся в ней воду. Ее количественной характеристикой является влагоемкость.

Влагоемкость почвы – способность почвы поглощать и удерживать определенное количество воды. Влагоемкость выражается в процентах к массе или объему почвы.

В зависимости от количества воды и ее подвижности выделяют следующие виды влагоемкости:

1. **Максимальная адсорбционная влагоемкость (МАВ)** – наибольшее количество прочносвязанной (гигроскопической) влаги, которая удерживается на поверхности почвенных частиц с помощью сорбционных сил. Она составляет 60-70% от максимальной гигроскопической влажности.

2. **Максимальная молекулярная влагоемкость (ММВ)** – наибольшее количество рыхлосвязанной (пленочной или молекулярной) воды, которое почва может удерживать с помощью сил молекулярного притяжения. Она зависит от гранулометрического состава почвы. Ее количество в песчаных почвах не превышает 5-7%, а у глинистых – 25-30%.

3. **Капиллярная влагоемкость (КВ)** – максимальное количество воды, которое удерживает почва в капиллярных порах при близком залегании зеркала грунтовых вод. Капиллярная вода передвигается в почве не только снизу вверх, но и в любом другом направлении в зависимости от градиента влажности: от влажных участков почвы к более сухим.

В зависимости от характера увлажнения капиллярная вода делится на следующие виды:

– **стыковая (уголковая, или пендулярная)** – образуется в виде отдельных скоплений в местах соприкосновения (стыка) твердых частиц почвы и удерживается с помощью капиллярных сил. Она характерна для песчаных почв. Количество ее в этих почвах соответствует наименьшей полевой влагоемкости или предельно полевой влажности. Эта вода не сомкнута и не подвижна, подток ее на расстоянии затруднен и поэтому она доступна для корней растений, непосредственно прилегающих к ней;

– **фуникулярная** – при увеличении воды в уголках пор, мениски расширяются и наконец, соприкасаясь один с другим, сливаются, образуя так называемую фуникулярную воду с остающимися просветами или пузырьками защемленного воздуха. Такая вода более доступна растениям, но эта доступность несколько снижается в связи с тем, что для перемещения ее требуется преодолевать значительное давление, оказываемое защемленным воздухом;

– **капиллярно-подвешенная** – содержится в верхних слоях почвы и нижней каймой не касается грунтовых вод. Как правило, она образуется при увлажнении почвы сверху (после дождя или полива).

Между капиллярной водой верхних слоев почвы и зеркалом грунтовой воды остается слой почвы с небольшой влажностью. Капиллярная вода находится в висячем состоянии и удерживается в пределах верхних слоев почвы капиллярными (менисковыми) силами.

Капиллярно-подвешенная вода мигрирует в почве во всех направлениях. Она участвует во внутрипочвенном стоке, особенно в песчаных почвах;

– **капиллярно-подпертая** – находится над поверхностью грунтовых вод, связана с ними и подпирается водами этого горизонта.

Слой почвы, содержащий капиллярно-подпертую воду, называют **капиллярной каймой**. В тяжелых почвах ее мощность может достигать 2-6 м, а в легких – всего 0,4-0,6 м.

– **капиллярно-подвижная** – вода заполняет капиллярные поры и передвигается под действием менисковых (капиллярных сил).

Капиллярная влагоемкость соответствует содержанию в почве капиллярно-подпертой воды. Она может достигать 25-50% массы абсолютно сухой почвы.

4. Полная влагоемкость (ПВ) – это наибольшее количество воды, которое может вместить почва при полном заполнении всех пор (капиллярных и некапиллярных) водой. В естественных почвах состояние полной влагоемкости возможно при избытке поступления поверхностной воды (например, весной в период снеготаяния или длительных дождей), а также при высоком стоянии грунтовых вод. Полная влагоемкость соответствует максимальному содержанию гравитационной воды. Полная влагоемкость колеблется в пределах 40-50%, а в отдельных случаях может возрасти до 80% или опуститься до 30% от массы абсолютно сухой почвы.

При полной влагоемкости максимальное содержание воды в почве будет равно общей пористости. Однако в зависимости от гранулометрического состава почв и содержания органического вещества это соответствие нередко нарушается, особенно в глинистых и органогенных почвах. Если полная влагоемкость песчаных почв при размере частиц более 0,25 мм строго соответствует их пористости, то у глинистых почв такого соответствия нет. Дело в том, что при увлажнении глинистых почв происходит набухание частиц и увеличение их в объеме, что неизбежно приведет к увеличению промежутков между ними. То же самое наблюдается в торфяных почвах. В связи с этим полная влагоемкость таких почв становится выше их общей пористости в сухом состоянии.

Указанные явления в глинистых или торфяных почвах следует учитывать в тех случаях, когда полная влагоемкость принимается за исходную влажность при расчете оптимальных условий для растений. За оптимальные условия для жизни растений и микроорганизмов считают влажность, соответствующую 60% от полной влагоемкости.

5. Предельно полевая влагоемкость (ППВ), или наименьшая влагоемкость (НВ) – это наибольшее количество влаги, которое может удерживать почва после стекания гравитационной воды при отсутствии слоистости почвы и глубоком залегании грунтовых вод. Она зависит от гранулометрического состава почвы, ее сложения и структуры. В хорошо оструктуренных тяжелых почвах значение данного показателя составляет 30-35% от массы абсолютно сухой почвы, в песчаных почвах – 10-15%.

В почвах при влажности, соответствующей ППВ, создаются условия, при которых растения наиболее хорошо обеспечены влагой и воздухом.

Величину, равную разности между ППВ и фактической влажностью почвы, называют **дефицитом влаги**. По мере подсыхания почвы вода, находящаяся в капиллярах, перестает быть сплошной. Влажность почвы, при которой происходит разрыв сплошности заполнения водой капилляров, называется **влажностью разрыва капилляров (ВРК)**. Эта влага почти неподвижна, но доступна корням растений и микроорганизмам. ВРК характеризует нижний предел оптимальной влажности почвы, поэтому ее иногда называют критической. Она лежит в пределах от ВЗ до ППВ.

Водопроницаемость – способность почв и грунтов впитывать и пропускать через себя воду, поступающую с поверхности. В процессе поступления воды в почву и ее продвижения выделяют два этапа:

- 1) поглощение воды почвой – впитывание, т.е. когда поры заполняются водой;
- 2) фильтрация сквозь толщу насыщенную водой почвы (проявляется, как правило, во время обильных осадков).

Водопроницаемость зависит от гранулометрического состава, содержания гумусовых веществ и структуры почвы. Лучше всего просачивается вода на песчаных почвах, хуже всего – на глинистых. Водопроницаемость структурных почв выше, чем бесструктурных.

Водоподъемная способность – свойство почвы поднимать влагу по капиллярным порам из нижних слоев в верхние.

Высота и скорость капиллярного поднятия воды зависят от диаметра капилляров: чем они тоньше, тем выше поднятие, и наоборот. Например, в песчаных почвах высота

поднятия воды по капиллярам составляет 30-60 см, в суглинках – 3-4 м. Иногда капиллярное поднятие влаги в суглинистых и глинистых почвах может достигать 6-7 м.

Чем меньше структурные отдельности почвы, тем большей высотой капиллярного подъема воды она обладает.

Благодаря водоподъемной способности почвы влага грунтовых вод может подниматься по капиллярам к пахотному горизонту почвы и участвовать в водном питании растений.

Испаряющая способность – способность почвы испарять воду. Она зависит от гранулометрического состава, структуры почвы, влажности воздуха, рельефа местности, растительного покрова.

Глинистые и суглинистые почвы испаряют воды больше, чем более легкие песчаные. Почвы структурные, по сравнению с бесструктурными, теряют значительно меньше влаги: некапиллярные промежутки между отдельными агрегатами ослабляют водоподъемную способность в них.

Значительно усиливает испарение влаги почвой ветер. Кроме того, чем суше воздух и выше его температура, тем больше потеря воды.

Величина испарения также зависит от экспозиции склона. Например, почвы на южных склонах теряют воды больше, чем на северных.

Сильно уменьшает испарение влаги растительный покров (трава, опавшая листва и т. д.).

3. Типы водного режима и пути его регулирования

Водным режимом называют совокупность всех процессов поступления влаги в почву, ее передвижения, удержания и расхода.

Выделение типов водного режима основано на *коэффициенте увлажнения* – отношении годового количества осадков к годовой испаряемости:

$$KY = \frac{Q}{V}$$

где Q – количество осадков за год, мм;
V – годовая испаряемость, мм.

Испаряемость – испарение с открытой водной поверхности.

Коэффициенты увлажнения различных природных зон:

- лесная – 1,33,
- лесостепная – 1,00,
- черноземная – 0,67,
- сухие степи – 0,33,
- пустыни – 0,15.

Основные типы водного режима:

- ✓ *застойный (мерзлотный),*
- ✓ *промывной,*
- ✓ *периодически промывной,*
- ✓ *непромывной,*
- ✓ *выпотной,*
- ✓ *ирригационный.*

Застойный (мерзлотный) тип характерен для почв тундры с многолетней мерзлотой. Летом почва насыщена влагой большую часть вегетационного периода.

Промывной (KY > 1) – характерен для регионов с преобладанием осадков над испаряемостью. Почва промывается на всю глубину. Характерен для большей части Беларуси.

Периодически промывной (KY ≈ 1 (0,8-1,2)) характерен для лесостепной зоны. Промывание почвы на всю глубину в отдельные годы (*серые лесные, северные черноземы*).

Непромывной ($KU < 1$) – почвы никогда не промываются до грунтовых вод (южные черноземы, каштановые почвы и сероземы).

Выпотной $KU < 1$ характер для засушливых регионов, где испаряемость выше осадков. Минерализованные грунтовые воды вызывают засоление почв.

Ирригационный тип возникает при орошении почв. Происходит чередование промывного, непромывного и выпотного типов водного режима.

Основные приемы по регулированию водного режима:

- *Осушение;*
- *Орошение;*
- *Снегозадержание;*
- Защитные лесные полосы.*

Агротехнические приемы по регулированию водного режима:

- *Поверхностное рыхление почвы весной (закрытие влаги боронованием).*
- *Послепосевное прикатывание.*
- *Создание глубокого пахотного слоя.*
- *Рыхление подпахотного горизонта.*
- *Мульчирование.*

Почвенный воздух отличается от атмосферного меньшим содержанием кислорода и большим углекислого газа.

Элемент	Атмосфера	Почва
N_2	78	78-80%
O_2	21	5-20%
CO_2	0,03	0,1-15,0%

Состав почвенного воздуха меняется из-за деятельности микроорганизмов, дыхания растений и газообмена с атмосферой.

В хорошо аэрируемых пахотных почвах содержание CO_2 в ходе вегетации не превышает 1-2%, а содержание O_2 не падает ниже 18%.

Воздушные свойства почвы – *воздухопроницаемость* и *воздухоемкость*.

Воздухопроницаемость – способность почвы пропускать воздух.

Зависит:

- *грансостав почвы,*
- *плотность,*
- *влажность,*
- *структурное состояние.*

Воздухоемкость – способность почвы удерживать определенное количество воздуха.

Зависит:

- *влажность почвы,*
- *пористость.*

Оптимальные условия – при содержании воздуха в минеральных почвах 20-25%, в торфяных – 30-40%.

Воздушный режим почвы – *совокупность процессов поступления воздуха в почву и изменения его газового состава.*

Регулирование воздушного режима

- *Создание глубокого пахотного горизонта.*
- *Разрушение плужной подошвы и почвенной корки.*
- *Рыхление междурядий.*
- *Внесение органических удобрений.*
- *Осушительная мелиорация.*