

Раздел 2. ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Физические и физико-механические свойства почв

1. Физические свойства почв.
2. Физико-механические свойства почв.

1. Физические свойства почв

Плотностью твердой фазы почвы (d) называется отношение массы твердой фазы в сухом состоянии к массе равного объема воды при температуре 4°C , т.е. при температуре 4°C 1 г воды занимает объем, равный 1 см^3 . Величина этого показателя зависит от природы входящих в состав почвы минералов, количества органического вещества. Чем больше в почве тяжелых минералов, тем выше плотность ее твердой фазы. Что касается органического вещества, то его удельная масса в 1,5 раза меньше, чем у минеральной части почвы. Поэтому почвы с большим содержанием органического вещества всегда отличаются меньшей плотностью твердой фазы.

В среднем плотность твердой фазы у большинства минеральных почв равна $2,50\text{--}2,65\text{ г/см}^3$ (табл. 9). У торфов она зависит от степени разложения и зольности и колеблется от 1,40 до 1,70, а у некоторых скелетных почв этот показатель равен $3,00\text{ г/см}^3$.

Плотность твердой фазы почвы определяют из образца почвы с нарушенной структурой (растертой в порошок и просеянной через сито 1 мм) пикнометрическим способом, сущность которого заключается в определении объема воды, вытесненной строго определенной массой почвы.

Плотностью сложения почвы (d_v) называется масса единицы объема абсолютно сухой почвы, взятой в ненарушенном (природном) сложении, которая выражается в г/см^3 . При определении плотности сложения учитывают массу почвы в единице объема со всеми порами, поэтому плотность почвы будет всегда меньше плотности твердой ее фазы. Плотность (плотность сложения) почв изменяется в широких пределах: у минеральных почв – от 1,0 до $1,8\text{ г/см}^3$, у торфяно-болотных – от 0,15 до $0,4\text{ г/см}^3$.

На величину плотности сложения влияет гранулометрический состав: легкие почвы имеют меньшую плотность сложения по сравнению с тяжелыми; содержание органического вещества: с увеличением содержания органического вещества плотность сложения снижается; структурность: чем лучше структурное состояние почвы, тем ниже ее плотность; глубина почвы: с возрастанием глубины плотность сложения почвы увеличивается.

Наиболее рыхлой почва бывает короткий период после обработки, а затем начинается ее уплотнение. После какого-то срока, под действием природных факторов, она достигает определенной плотности, которая затем мало изменяется. Такая плотность называется **равновесной**.

Верхние горизонты малогумусных дерново-подзолистых почв имеют плотность 1,2–1,4 г/см³, нижние уплотненные – 1,6–1,8 г/см³.

Если равновесная плотность выше оптимальной для культуры, посев которой планируется, то почву необходимо рыхлить, если ниже – уплотнять. Наилучшие условия для возделывания культур достигаются, когда значения оптимальной и равновесной плотности почвы совпадают.

Сильно уплотненная в сухом состоянии почва оказывает большое сопротивление развитию корневой системы растений, при обработке которой требуется дополнительные затраты. В переувлажненной плотной почве создаются неблагоприятные условия для роста растений вследствие занятости почти всего объема пор водой и недостатка аэрации. Плотная почва плохо или совсем не фильтрует воду. Поступающая на поверхность вода не проникает внутрь, а стекает, вызывая процессы эрозии.

В силу своих биологических особенностей каждая сельскохозяйственная культура требует оптимальной для своего развития плотности корнеобитаемого слоя: для зерновых и пропашных культур оптимальная плотность сложения составляет 1,2–1,35 г/см³; для овощных – 1,0–1,2; для культур защищенного грунта (торфа) – 0,4–0,6 г/см³.

Пористость (скважность) почвы – суммарный объем всех пор между частицами твердой фазы, который выражается в процентах от общего ее объема.

Размер и форма пор зависят от гранулометрического состава (величины и формы гранулометрических элементов), структуры почвы (количества, величины и формы структурных отдельностей), а также от расположения их относительно друг от друга. Поэтому пористость неодинакова как у различных почв, так и по генетическим горизонтам внутри почвы.

Общая пористость обычно составляет в верхних горизонтах почвы 55–70%, в нижних – 35–50%. Она складывается из пористости внутри структурных агрегатов и пористости между ними. Различают общую, капиллярную и некапиллярную пористость.

Капиллярная пористость – объем пор, заполненных водой, при влажности почвы, равной полевой влажности.

Некапиллярная пористость – объем крупных пор, заполненных воздухом при этой же влажности (пористость аэрации). Лишь при сильном увлажнении эти крупные поры служат каналами для транзита токов воды.

Самые благоприятные условия увлажнения и воздухообеспеченности складываются в почвах при соотношении капиллярной и некапиллярной пористости 1 : 1.

Сумма видов пористости составляет общую пористость почвы.

Выделяют также понятие активных и неактивных пор. Под активными понимают поры, внутри которых возможно передвижение свободной воды под действием менисковых и гравитационных сил. Неактивные поры – тонкие, при увлажнении сплошь заполняются связной водой, удерживаемой молекулярными силами и недоступной растениям. В таких порах свободная вода передвигаться не может.

Крупные поры в почве большую часть времени заняты воздухом и лишь при сильном увлажнении служат каналами для транзитного тока воды. Это поры аэрации.

Наибольшую агрономическую значимость имеют поры активные, занятые капиллярной водой, и поры аэрации. Причем последние должны составлять не менее 15% общей пористости в минеральных почвах и 35–40% в торфяных. При пористости аэрации ниже 10–12% корни растений погибают от недостатка воздуха (нижний допустимый предел аэрации).

2. Физико-механические свойства почвы

К физико-механическим свойствам относятся: пластичность, липкость, набухание, усадка, твердость, связность, удельное сопротивление почвы при обработке.

Пластичностью называют способность почвы и грунта деформироваться и принимать придаваемую им во влажном состоянии форму без образования трещин и сохранять ее после прекращения внешнего воздействия.

Переувлажненные и сухие почвы не обладают пластичностью, которая проявляется в определенном пределе увлажнения. В этом интервале почва деформируется с сохранением придаваемой ей формы, максимально набухает, обладает слабым сопротивлением при внешнем механическом воздействии, при перекачивании по ней машин образуется колея по ходу колес.

Верхним пределом пластичности является влажность нижней границы текучести, т.е. когда конус Васильева погружается в почву на глубину 10 мм под действием собственного веса, а нижним пределом пластичности – влажность границы раскатывания почвы в шнур $d=3\text{мм}$. При этом происходит распадение шнура на отдельные.

Величину пластичности измеряют числом пластичности (W), представляющим разность между числовым выражением верхнего (W_1) и нижнего пределов пластичности (W_2):

$$W = W_1 - W_2, \%$$

По числу пластичности судят о гранулометрическом составе почвы (0 – песок, 0–7 – супесь, 7–17 – суглинок, более 17 – глина). Таким образом, чем больше в почве илистых и коллоидных частиц, тем яснее выражена ее пластичность.

Пластичность также зависит от состава поглощенных оснований, так как они во многом определяют степень гидратации почвы. По степени влияния на величину пластичности почв поглощенные катионы располагаются в такой последовательности: $Na^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+} > K^+ > NH_4^+ > H^+$.

При высоком содержании гумуса пластичность почвы уменьшается. Соответственно почва с более высоким содержанием гумуса в весенний период пригодна для обработки гораздо раньше, чем аналогичная малогумусированная почва.

В непосредственной связи с пластичностью находится липкость почвы.

Липкость – это свойство влажной почвы прилипать к соприкасающимся с нею предметам. Проявляется она, когда сцепление между почвенными частицами меньше, чем между почвой и соприкасающимися с ней предметами.

Липкость измеряется усилием в г на 1см^2 , требующимся для отрыва от почвы прилипшего к ней диска или пластины. Она зависит от гранулометрического, химического и минералогического состава, от структуры и влажности. Глинистые и бесструктурные почвы сильнее прилипают, чем легкие по гранулометрическому составу или структурные глинистые. Увеличение степени насыщенности почвы кальцием способствует снижению величины прилипания, тогда как с возрастанием насыщенности натрием липкость почвы резко увеличивается.

С повышением влажности до определенного предела липкость увеличивается, а далее уменьшается, так как нарушается сцепление между частицами почвы. В структурных почвах (черноземы, дерново-карбонатные) липкость начинает проявляться в пределах 60–80% общей влагоемкости. Бесструктурные начинают прилипать при более низкой влажности.

Н.А. Качинский классифицирует почвы по величине липкости на предельно вязкие ($>15\text{г/см}^2$), сильновязкие (5–15), средневязкие (2–5) и слабовязкие ($<2\text{г/см}^2$)

С липкостью связано важное агрономическое свойство – физическая спелость – состояние влажности, при которой почва хорошо крошится на комки, не прилипая при этом к орудиям обработки. Весной раньше других поспевают к обработке песчаные и супесчаные почвы, высокогумусированные по сравнению с малогумусированными.

Набухание – увеличение объема почвы при увлажнении. Набухание присуще почвам, содержащим большое количество коллоидов, и объясняется связыванием тонкими частицами почвы молекул воды (увеличением гидратных оболочек). Они уменьшают сцепление между частицами почвы, раздвигают их, и в результате происходит увеличение объема почвы. Набухание выражают в объемных процентах.

Величина набухания зависит от количества и качества коллоидов. Наиболее набухаемы глинистые почвы. При этом, чем больше в почве минералов с расширяющейся решеткой, таких, как монтмориллонит и вермикулит, тем больше ее набухание.

Большое влияние на способность почвы набухать оказывает состав обменных катионов. При насыщении почв одновалентными катионами (особенно натрием) набухание достигает 120–150%, тогда как при насыщении двух и трех валентными катионами значительного увеличения в объеме при набухании не наблюдается.

Набухание почвы может вызвать неблагоприятные в агрономическом отношении изменения в поверхностном слое почвы. Вследствие этого частички почвы могут быть настолько разделены пленками воды, что это приведет к разрушению агрегатов.

Усадка – сокращение объема почвы при высыхании. Она измеряется в процентах от исходного объема и зависит от тех же факторов, что и набухание. Большая усадка почвы – отрицательное явление, так как приводит к образованию трещин и разрыву корневой системы растений.

Связность – способность почвы сопротивляться внешнему усилию, стремящемуся разъединить почвенные частицы. Вызывается связность силами сцепления между частицами почвы и характеризует прочность структуры. Выражается в $\text{кг}/\text{см}^2$ и зависит от гранулометрического и минералогического состава, влажности почвы, состава обменных катионов, содержания органического вещества, структуры почвы. Наибольшей связностью характеризуются глинистые почвы с высоким содержанием монтмориллонита. Максимальная связность достигается при влажности, близкой к влажности завядания. Связность возрастает при насыщении почвы ионами Na^+ . С увеличением содержания органического вещества она у песчаных почв возрастает, у глинистых и суглинистых – снижается.

Последнее объясняется, в первую очередь, образованием большого числа структурных агрегатов, что снижает площадь соприкосновения между почвенными частицами. Поэтому структурные почвы характеризуются меньшей связностью по сравнению с бесструктурными.

Обычно высокосвязные почвы могут хорошо противостоять проявлению водной и ветровой эрозии.

Твердость – это сопротивление, которое оказывает почва проникновению в нее под давлением различных тел. Измеряется с помощью специального прибора – твердомера и выражается в $\text{кг}/\text{см}^2$. Твердость обусловлена теми же характеристиками, что и связность.

Н.А. Качинский классифицирует почвы по величине твердости на рыхлые ($< 10 \text{ кг}/\text{см}^2$), рыхловатые (10–20), плотноватые (20–30), плотные (30–50), весьма плотные (50–100) и слитные ($> 100 \text{ кг}/\text{см}^2$).

Высокая твердость – признак плохих физико-химических и агрофизических свойств почв.

Удельное сопротивление почвы при обработке – это усилие, затраченное на подрезание пласта, его оборот и трение о рабочую поверхность. Характеризуется сопротивлением почвы (кг), приходящимся на 1 см^2 поперечного сечения пласта почвы, поднимаемого плугом. Удельное сопротивление изменяется в пределах от 0,2 до $1,2 \text{ кг}/\text{см}^2$ в зависимости от гранулометрического состава, влажности, плотности сложения, твердости, состава обменных катионов, содержанием органического вещества, структуры почвы. Наименьшим удельным сопротивлением характеризуются ненасыщенные основания почвы легкого гранулометрического состава (супесчаные и песчаные), самым большим – тяжелосуглинистые и глинистые почвы, насыщенные ионами натрия (солонцового типа). Максимальное удельное сопротивление наблюдается при влажности, близкой к влажности устойчивого завядания, минимальное – при средней увлажненности почвы. При обработке целинных и старозалежных земель она возрастает на 45 – 50% по сравнению со старопахотными почвами.

На почвах под пропашными культурами удельное сопротивление значительно меньше, чем под зерновыми культурами и многолетними травами.

Почвы с хорошей структурой и высокогумусированные оказывают меньшее сопротивление, чем бесструктурные и малогумусированные.

ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Водные свойства и водный режим почв

1. Категории, формы и виды воды в почве.
2. Химически связанная вода.
3. Физически связанная вода.
4. Капиллярная вода.
5. Гравитационная и парообразная вода.
6. Водоудерживающая способность почвы.
7. Водопроницаемость и водоподъемная способность почвы.
8. Испарение воды и водоотдача.
9. Почвенно-гидрологические константы.
10. Типы водного режима и их характеристика.
11. Определение запасов влаги в почве.

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 категории, формы и виды воды в почве, которые перечислены ниже.

Связанная вода подразделяется на:

- 1) химически связанную;
- 2) физически связанную.

В свою очередь, **химически связанная вода** бывает:

- а) конституционной;
- б) кристаллизационной.

Физически связанная вода бывает:

- а) прочносвязанной (гигроскопической);
- б) рыхлосвязанной;
- в) водой в твердом состоянии.

Свободная вода подразделяется на:

- 1) капиллярную;
- 2) гравитационную;
- 3) парообразную.

В свою очередь, **капиллярная вода** делится на:

- а) стыковую (пендулярную или уголковую);
- б) фуникулярную;
- в) капиллярно-подвешенную;
- д) подвижную.

Гравитационная вода может быть:

- а) просачивающейся;

- б) подпертой;
- в) стекающей;
- д) грунтовой.

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.

2. Химически связанная вода.

Химически связанная вода входит в состав гидратных веществ, слагающих почву. Количество этой воды обычно невелико, но иногда достигает 5–12%. 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 не доступна растениям.** Почва, содержащая конституционную и кристаллизационную воду, называется **абсолютно сухой или сухой**.

Конституционная вода входит в состав молекул почвенных минералов в виде гидроксильных групп OH^- , очень прочно связана с почвой и поэтому удаляется из нее при нагревании (прокаливании) на $400\text{--}800^\circ\text{C}$. 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 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) она прочно связана с почвой и удаляется из нее при температуре $100\text{--}200^\circ\text{C}$. Она может переходить в раствор при растворении солей, поэтому наибольшее ее количество содержится в солончаках.

3. Физически связанная вода.

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, по мере удаления прочности фиксация снижается. В зависимости от прочности удержания воды сорбционными силами физически связанную воду подразделяют на:

- а) **прочносвязанную (гигроскопическую);**
- б) **рыхлосвязанную (пленочную или молекулярную);**
- в) **воду в твердом состоянии (внутрипочвенный лед).**

Прочносвязанная (гигроскопическая) 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 называется **гигроскопической**. Почва, содержащая гигроскопическую воду, называется **воздушно-сухой**. Содержание гигроскопической воды определяется путем высушивания до постоянного веса при температуре 100–105°C. Эта вода не передвигается внутри почвенной толщи, совершенно недоступна растениям, обладает более высокой плотностью (от 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).

Максимальное количество гигроскопической воды, которое может поглотить почва из воздуха, при влажности воздуха, близкой к 100%, называется **максимальной гигроскопичностью (МГ)**.

Рыхлосвязанная (пленочная или молекулярная) вода представляет собой дополнительную водную пленку, расположенную вокруг прочносвязанной воды.

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**.

Передвижение пленочной воды происходит не сплошной массой, а от одной частицы почвы к другой и зависит от толщины водной пленки вокруг почвенных частиц: от частицы с большей толщиной пленки воды она будет перетекать к частице с меньшей толщиной до тех пор, пока толщина пленок вокруг обеих частиц не сделается одинаковой. Скорость передвижения рыхлосвязанной воды очень мала, поэтому роль ее в водном и питательном режимах растений незначительна, хотя при иссушении почвы растения способны усваивать часть пленочной воды.

Содержание пленочной воды зависит от:

1) **гранулометрического состава почвы** (в почвах более тяжелого гранулометрического состава ее больше);

2) **содержания органического вещества** (чем больше в почве органического вещества, тем больше в ней пленочной воды);

3) **концентрации растворенных веществ и осмотического давления почвенного раствора** (почвы с большей концентрацией раствора имеют меньше пленочной воды, чем бедные растворенными веществами, а в засоленных почвах она может и вовсе отсутствовать). Это объясняется тем, что в насыщенных легкорастворимыми солями почвенных растворах возрастает осмотическое давление, превышающее адсорбционное притяжение почвенных частиц, в силу чего пленочная вода частично или полностью отсасывается в раствор.

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

Вода в твердом состоянии (внутрипочвенный лед) – это потенциальный источник жидкой и парообразной воды. При понижении температуры почвы вначале замерзает свободная вода, а затем адсорбированная. Эту почву 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.

4. Капиллярная вода.

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

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

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:

- а) стыковую (уголковую или пендулярную);
- б) фуникулярную;
- в) капиллярно-подвешенную;
- г) капиллярно-подпертую;
- д) капиллярно-подвижную.

Стыковатая (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 неподвижна, 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 заземленного воздуха. Такая вода более доступна растениям, но эта доступность несколько снижается в связи с тем, что для перемещения ее требуется преодолевать значительное давление, оказываемое заземленным воздухом.

Капиллярно-подвешенная вода образуется в верхних слоях почвы при увлажнении ее сверху (после дождя или полива), поступление грунтовой воды исключено вследствие глубокого ее залегания.

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 менисковыми силами.

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

Капиллярно-подпертая вода образуется при увлажнении почвы от грунтовых вод, т.е. она 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.

Влажность капиллярной каймы уменьшается снизу вверх. На верху капиллярной каймы капиллярно-подпертая вода переходит в капиллярно-подвешенную. Капиллярная кайма связывает почвенную влагу в верхних корнеобитаемых горизонтах с грунтовыми водами.

При подъеме уровня грунтовых вод капиллярная кайма перемещается вверх, вызывая увеличение влагозапасов в верхних горизонтах, и наоборот. Эти явления дают возможность управлять влажностью почвы путем регулирования глубины залегания грунтовых вод. На этом основан принцип работы гидромелиоративных сооружений.

Капиллярно-подвижная вода заполняет все поры полностью.

5. Гравитационная и парообразная вода.

Гравитационная вода. 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 (собственного веса).

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

Скорость этого стекания замедляется во времени. В верхних горизонтах почвы остатки гравитационной влаги могут удерживаться в течение нескольких суток и даже недель. Эта водоудерживающая способность почвы

дает возможность проводить поливы большими нормами и не очень часто, что облегчает орошение.

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, свидетельствующее об избыточном увлажнении и способствует заболачиванию.

Гравитационная вода подразделяется на:

а) **просачивающуюся**, передвигается по порам и трещинам сверху вниз и возникает при появлении в почве воды сверх удерживающей силы капилляров;

б) **грунтовую**. Гравитационная вода, поступающая в водоносный горизонт, где заполняет все поры, образует грунтовую воду. Она расположена над водоупорным слоем и удерживается за счет его водонепроницаемости. Грунтовая вода насыщает водоносный горизонт и под действием гидростатического давления может течь по подземному уклону;

в) **верховодка** – гравитационная вода, которая скапливается в верхних слоях почвы или грунта над водонепроницаемыми (слабопроницаемыми) прослойками.

Различают напорную и безнапорную, подвижную и неподвижную грунтовую воду.

4. **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. Она передвигается в почве конвективно (с передвигающимся почвенным воздухом) и кондуктивно (за счет градиента упругости водяного пара).

Пары воды перемещаются от мест с большей упругостью (более теплых) к местам с меньшей упругостью, т.е. в сторону понижающихся температур.

Важное практическое значение парообразной воды выявляется в тех случаях, когда влажность почвы снижается до величины недоступной воды, что нередко наблюдается в верхних слоях почвы при длительно засушливой погоде.

В ночное время летом, когда верхние слои почвы охлаждаются и упругость водяных паров падает, происходит перегонка паров из более теплых нижних слоев в верхние, которые дополнительно увлажняются. В целом в летнее время водяные пары в толще почвы передвигаются, как правило, сверху вниз, так как в нижних слоях температура летом ниже, чем в верхних.

Осенью и зимой передвижение парообразной воды происходит преимущественно снизу вверх. Парообразная вода, хотя и играет определенную роль в перераспределении влаги в почве и грунте, тем не менее значение ее в общем водяном балансе невелико в связи с чрезвычайно малым содержанием в почве.

В результате количественных изменений влажности почвы одни формы воды в ней как бы последовательно переходят в другие. Парообразная вода переходит в гигроскопическую, которая, возрастая, достигает величины максимальной гигроскопической. Последняя переходит в молекулярную (пленочную), далее в максимально молекулярную и, наконец, – в капиллярную, которая возрастает количественно и переходит в гравитационную.

6. Водоудерживающая способность почвы.

Совокупность свойств почвы, которые определяют поведение почвенной воды в ее толще, **называют водными свойствами.**

К водным свойствам относятся:

- 1) водоудерживающая способность;
- 2) водопроницаемость;
- 3) водоотдача;
- 4) водоподъемная способность;
- 5) испарение.

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

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

В зависимости от сил, удерживающих воду в почве, и условий ее удержания выделяют виды влагоемкости, которые изложены ниже.

1. Капиллярная влагоемкость (КВ) – максимальное количество воды, которое удерживает почва в капиллярных порах над уровнем грунтовых вод капиллярными (менисковыми) силами.

Капиллярная влагоемкость (КВ) почвы – величина непостоянная, она выражается в процентах от массы или объема почвы и зависит от мощности слоя и от того, на какой высоте от зеркала грунтовых вод находится слой почвы: чем ближе он к зеркалу грунтовых вод, тем выше и величина капиллярной влагоемкости.

Количественно она изменяется в интервале выше максимальной молекулярной и несколько ниже предельной полевой влагоемкости.

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.

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

3. **Максимальная молекулярная влагоемкость (ММВ)** – это 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%.

Увеличение запасов воды в почве сверх максимальной молекулярной влагоемкости сопровождается появлением капиллярной или гравитационной воды. Если водой полностью заполнены все поры, то считается, что почва насыщена влагой до состояния полной влагоемкости.

4. **Полная влагоемкость (ПВ)** – это наибольшее количество воды, которое может вместить почва при полном заполнении водой всех ее пор (капиллярных и некапиллярных). 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 почвы соответствует максимальному содержанию гравитационной воды.

Условия водно-воздушного и пищевого режимов почвы при полной влагоемкости крайне неблагоприятны.

Полная влагоемкость почвы численно равна **общей пористости**. Однако в зависимости от гранулометрического состава почв и содержания органического вещества это соответствие нередко нарушается, особенно в глинистых и органических почвах. При увлажнении глинистых почв происходит набухание частиц и увеличение их в объеме, что неизбежно приводит к увеличению промежутков между ними. То же самое наблюдается в торфяных и торфянистых 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. **Оптимальная влажность почвы равна 60 % от полной влагоемкости.**

Полная влагоемкость в минеральных почвах колеблется в пределах 40–50%, а в отдельных случаях может возрасти до 80% или опуститься до 30% от массы сухой почвы.

В состоянии полной влагоемкости почва может находиться длительное время лишь в том случае, если вода в крупных некапиллярных порах подпирается грунтовыми водами. Если этого не происходит, то гравитационные воды стекают под действием силы тяжести вниз. В этом случае почва переходит в состояние увлажнения, называемое наименьшей (НВ) или предельно полевой влагоемкостью (ППВ).

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 почве при влажности, соответствующей предельно полевой влагоемкости, создаются условия, при которых растения наиболее хорошо обеспечены водой и воздухом.

Величина ППВ соответствует максимальной полевой норме, но действительная поливная норма меньше предельно полевой влагоемкости, так как в почве имеется всегда тот или иной запас воды. Поэтому поливная норма – это разность между предельно полевой влагоемкостью и запасом воды перед поливом, она называется **дефицитом влаги**:

$$D = P - m,$$

где D – дефицит влаги (м^3);

P – ППВ (предельно полевая влагоемкость), (м^3);

m – количество влаги в почве в данное время до полива (м^3), тогда поливная норма (м^3) рассчитывается по формуле

$$M = P - m.$$

По мере подсыхания почвы вода, находящаяся в капиллярах, перестает быть сплошной, уменьшается ее подвижность и доступность для растений.

Влажность почвы, при которой происходит разрыв сплошной воды в капиллярах, называется **влажностью разрыва капилляров (ВРК)**.

Влажность разрыва капилляров характеризует нижний предел оптимальной влажности почвы, ее иногда называют критической. У суглинистых и глинистых почв ВРК составляет 65–70% от полной влагоемкости. При влажности, меньшей чем влажность разрыва капилляров, вода находится в почве в форме манжет вокруг точек стыка почвенных частиц или заполняет отдельные, изолированные системы пор либо находится в форме пленок на поверхности частиц.

Наименьшая, или предельно полевая влагоемкость, в суглинистых и глинистых хорошо оструктуренных почвах составляет 30–35% от массы сухой почвы, в песчаных не превышает 10–15%.

7. Водопроницаемость и водоподъемная способность почвы.

Водопроницаемость – это способность почвы впитывать и пропускать через себя воду.

Водопроницаемость почвы зависит от показателей, перечисленных ниже.

1. Пористость. Чем выше пористость и чем крупнее поры, тем больше водопроницаемость.

2. Гранулометрический состав, структурное состояние и плотность почвы.

Песчаные почвы более водопроницаемы, чем суглинистые и глинистые, хотя суммарная пористость у песчаных почв значительно меньше, чем у глинистых, но зато поры у них крупнее (пористость песчаных почв может быть около 30% объема почвы, у глинистых – более 50%).

В тяжелых по гранулометрическому составу почвах уровень водопроницаемости зависит от их плотности и структурного состояния. Рыхлые хорошо оструктуренные почвы характеризуются более высокой водопроницаемостью по сравнению с плотными, бесструктурными почвами.

3. Состав поглощенных катионов. Почвы, насыщенные катионами Na^+ , при увлажнении сильно набухают и становятся для воды почти непроницаемы.

4. Влажность почвы. Чем влажнее почва, тем меньше ее водопроницаемость.

5. Приемы обработки почвы (вспашка, боронование, культивация). Все приемы обработки почвы, направленные на рыхление верхнего слоя почвы и сопровождающиеся увеличением размера макроагрегатных пор, способствуют увеличению водопроницаемости. Плужная подошва снижает водопроницаемость. Наличие в почве трещин, ходов роющих животных, корней растений увеличивает свободное просачивание воды вниз.

В процессе водопроницаемости различают **три фазы:**

1) впитывание, 2) промачивание, 3) фильтрация.

Первые две фазы Н. А. Качинский объединил в понятие впитывания воды почвой. Скорость впитывания выражается коэффициентом впитывания.

Впитывание – это заполнение движущейся водой свободных пор почвы. Впитывание происходит под влиянием сорбционных сил (поверхностного притяжения воды почвенными частицами), менисковых сил (капиллярных явлений) и силы тяжести, поэтому процесс впитывания воды в почву вначале выражается поглощением воды почвой, насыщением и передвижением ее в виде пленочного, затем капиллярного и, наконец, гравитационного потока. Впитывающаяся в почву вода движется вертикально вниз, а также растекается во все стороны.

При впитывании свойства почвы заметно изменяются. Иногда наблюдается некоторое разрушение структуры, почва намокает и частично набухает, изменяется ее объем; глинистая почва может впитывать до 100% воды по объему и более, еще больше впитывает торфяная почва.

Пылеобразные пески при насыщении водой становятся плывунами и подвижными, как вода, в результате окружения мелких зерен песка водной оболочкой. Но в этом случае песок не набухает, а разбухает и становится плывучей массой.

Впитывание воды в почву – явление динамичное. Оно заметно меняется в процессе почвообразования, особенно в условиях окультуривания и мелиорации почв.

За скорость впитывания принимают количество воды, впитывающейся через единицу площади поперечного сечения почвы в единицу времени:

$$v = \frac{Q}{St},$$

где v – скорость впитывания;

Q – расход воды, м^3 ;

S – площадь поперечного сечения монолита, см^2 ;

t – время, с.

Величина коэффициента впитывания с течением времени уменьшается. Так, по данным Созыкина (1939 г.), коэффициент впитывания за 3 часа уменьшился на песчаной почве в 2 раза, а на тяжелосуглинистой – в двадцать раз.

Впитывание воды в почву сопровождается промачиванием, или инфильтрацией, которая затем переходит в фильтрацию. **Под инфильтрацией** понимают неустановившиеся нисходящие движения воды в почве. При скорости поступления воды на поверхность (полив, дожди, таяние снега), превышающей скорость инфильтрации, происходит поверхностный сток воды, не успевающий просачиваться в глубинные горизонты почвы. При инфильтрации расход воды может непрерывно нарастать. Достигнув своего максимума, он становится относительно постоянным. С этого момента инфильтрация переходит в фильтрацию. Фильтрация начинается с момента, когда все поры заполняются водой и начинается гравитационный сток.

Фильтрация – это непрерывное движение воды в переувлажненной почве под влиянием напора и силы тяжести. Она зависит от гранулометрического, минералогического и химического состава, структурного состояния, плотности, степени увлажнения, культурного состояния почвы.

Фильтрационное движение воды подчиняется **закону Дарси** и обуславливается разностью напоров воды и длиной пути движения. Скорость движения воды будет тем больше, чем короче путь фильтрации. Расход фильтрующейся воды в почве пропорционален напору и обратно пропорционален длине пути:

$$Q = KF \frac{H}{L}, \text{ обозначив } \frac{H}{L} = J, \text{ получим } Q = KFJ,$$

где Q – расход (объем) воды в сантиметрах кубических в единицу времени, через 1 см^2 поперечного сечения почвы в 1 с;

K – коэффициент фильтрации, см/с ;

F – площадь поперечного сечения, см^2 ;

H – падение напора, или разность уровней воды в начале и конце фильтрации, см ;

L – длина пути фильтрации (толщина слоя почвы), см ;

J – гидравлический, или напорный, градиент, уклон.

Водоподъемная способность повышается также с увеличением влажности почвы, поэтому близкое к поверхности стояние грунтовых вод усиливает этот процесс. Повышение температуры почвы усиливает подъем воды, так как при этом вода становится менее вязкой и более подвижной. Увеличение в почве количества легкорастворимых солей, повышающих плотность воды и вызывающих снижение поверхностного натяжения, уменьшает водоподъемную способность почвы.

На подъем воды в почве оказывает влияние растительность: всасывая растворы, корни растений способствуют подъему воды из нижних горизонтов в верхние. Косвенно на водоподъемную способность почвы оказывает влияние состояние атмосферы (относительная влажность, температура и ветер). Снижение относительной влажности, повышение температуры и наличие ветра, вызывающие иссушение верхнего слоя почвы, способствуют подъему воды из нижних горизонтов.

8. Испарение воды и водоотдача.

Испарение – потеря воды почвой. Суммарная величина испарения состоит из:

1. Физического испарения (из почвы);
2. Транспирации (испарение растениями).

Испарение зависит от температуры воздуха, влажности, атмосферного давления, гранулометрического состава, химического состава, рельефа, наличия растительности.

Коэффициент транспирации – количество воды, затраченное на образование одного грамма сухого вещества.

Физическое испарение на почве, занятой растительностью, составляет 1/3 часть, а 2/3 приходится на транспирацию, но транспирация изменяется за вегетацию. Начиная со всхода, по мере нарастания листовой поверхности, она возрастает, а потом, достигнув максимума, ослабевает.

Водоотдача – способность почвы отдавать гравитационную воду путем стекания. Максимальная величина водоотдачи равна разности между полной влагоемкостью и предельно полевой:

$$MBO = ПВ - ППВ (НВ).$$

Водоотдача зависит от уровня грунтовых вод и возрастает по мере их понижения. Это используется при проектировании оросительных и осушительных мероприятий.

9. Почвенно-гидрологические константы.

Влажность почвы при ее насыщении до полной влагоемкости можно условно разделить на несколько интервалов, при которых наблюдаются различные категории почвенной влаги, отличающиеся своим поведением,

свойствами и доступностью растениям. Эти интервалы влажности почвы называются **почвенно-гидрологическими константами**. Основными из них являются: максимальная гигроскопическая влажность (МГВ), влажность завядания (ВЗ), влажность разрыва капилляров (ВРК), наименьшая (НВ) или предельно полевая влагоемкость (ППВ), полная влагоемкость (ПВ). Эти константы широко используются при характеристике запасов воды в почве и оценке обеспеченности растений доступной влагой.

В зависимости от степени доступности растениям вода, находящаяся в почве, может быть подразделена на пять категорий (по А.А. Роде):

1. **Недоступная вода** – это так называемый мертвый запас воды, т.е. это прочносвязанная вода (парообразная и жидкая). Находится в интервале от МГВ и ниже.

2. **Весьма труднодоступная вода** – это, в основном, рыхлосвязанная (пленочная) вода, находится в интервале от МАВ до ВЗ.

3. **Труднодоступная вода** – это рыхлосвязанная вода. Трудная ее доступность растениям обусловлена низкой подвижностью. При такой влажности почвы резко снижается продуктивность растений, но они не погибают. Находится в интервале ВЗ до ВРК.

4. **Среднедоступная вода** – вода весьма подвижна, растения снабжаются ей бесперебойно. Находится в интервале от ВРК до НВ.

5. **Легкодоступная вода** – вода, находящаяся в интервале от НВ до ПВ.

6. **Избыточная вода** – вода, заполняющая поры аэрации, затрудняя тем самым дыхание растений и почвенных организмов и способствуя развитию процессов заболачивания. Находится в интервале около ПВ.

10 Типы водного режима и их характеристика.

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:

$$KУ = Q/V,$$

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 ($KU > 1$) — характерен для регионов с преобладанием осадков над испаряемостью. Почва промывается на всю глубину. Характерен для большей части Беларуси.

Периодически промывной ($KU \approx 1$ (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:

- Сушение;
- 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 CO₂ в ходе вегетации не превышает 1-2%, а содержание O₂ не падает ниже 18%.

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

Воздухопроницаемость – способность почвы пропускать воздух.

Зависит:

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

Воздухоёмкость – 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.

11. Определение запасов влаги в почве.

Содержание влаги в почве вычисляется, как правило, послойно, через 10 или 20 см для каждого генетического горизонта, так как плотность и влажность сильно изменяются по различным слоям почвенного профиля.

Запасы влаги в почве, учитываемые в течение вегетационного периода, позволяют судить об обеспеченности влагой сельскохозяйственных растений. Учет запасов воды в течение года дает возможность составления годового водного баланса. В агрономической практике важно учитывать общий и продуктивный (полезный) запас влаги в почве.

Общий запас влаги (ОЗВ) – суммарное ее количество на заданную мощность почвенного слоя, выраженное в мм или в м³/га.

Расчет запасов влаги произвести по следующей формуле:

$$\text{ОЗВ} = 0,1(W_1 d_{v1} h_1) + 0,1(W_2 d_{v2} h_2) + \dots + 0,1(W_n d_{vn} h_n),$$

где ОЗВ – общий запас влаги, мм;

W_1, W_2, W_n – полевая влажность 1-го, 2-го и последующих слоев почвы, % (в качестве полевой влажности (W) можно использовать оптимальную влажность (ОВ). Величина оптимальной влажности почвы примерно равна 60 % от полной влагоемкости, т.е. $ОВ = 0,6 \cdot ПВ$);

d_{v1}, d_{v2}, d_{vn} – плотность сложения 1-го, 2-го и последующих слоев почвы, г/см³;

h_1, h_2, h_n – мощность 1-го, 2-го и последующих слоев почвенного слоя, см;

0,1 – коэффициент пересчета влаги, в мм вод. ст.

Расчет ОЗВ произвести по формуле

$$\text{ОЗВ} = \frac{M_1 \cdot W_1}{100} + \frac{M_2 \cdot W_2}{100} + \dots + \frac{M_n \cdot W_n}{100},$$

где ОЗВ – общий запас влаги, т/га или м³/га;

W_1, W_2, W_n – полевая влажность почвы соответственно для 1-го, 2-го и последующих почвенных слоев, % (в качестве полевой влажности (W) можно использовать оптимальную влажность (ОВ)). Величина оптимальной влажности почвы примерно равна 60 % от полной влагоемкости, т.е. $ОВ = 0,6 \cdot ПВ$);

M_1, M_2, M_n – масса соответственно 1-го, 2-го и последующих почвенных слоев на площади 1 га, т.

Расчет массы почвенного слоя на площади 1 га произвести по формуле

$$M = d_v V,$$

где d_v – плотность почвенного слоя;

V – объем почвенного слоя, м³.

Объем почвенного слоя определить по формуле

$$V = Sh,$$

где S – площадь 1 га, м²;

h – мощность почвенного слоя, м.

Запас труднодоступной влаги (ЗТВ) рассчитать аналогично общему запасу, но при этом в формулу вместо полевой влажности подставить влажность завядания (ВЗ) растений:

$$\text{ЗТВ} = 0,1(BZ_1 \cdot d_{v1} h_1) + 0,1(BZ_2 \cdot d_{v2} h_2) + \dots + 0,1(BZ_n \cdot d_{vn} h_n).$$

Расчет ЗТВ в т/га произвести по следующей формуле:

$$\text{ЗТВ} = \frac{M_1 \cdot BZ_1}{100} + \frac{M_2 \cdot BZ_2}{100} + \dots + \frac{M_n \cdot BZ_n}{100}, \text{ т/га}$$

Продуктивный (полезный) запас влаги (ПЗВ) – суммарное количество продуктивной или доступной растениям влаги в почвенной толще, выраженное в мм или в м³/га (т/га).

Чтобы рассчитать полезный запас влаги в почве (ПЗВ), необходимо из общего запаса влаги (ОЗВ) вычесть запас, соответствующий влажности устойчивого завядания (ВЗ), т.е. запас труднодоступной воды (ЗТВ):

$$\text{ПЗВ} = \text{ОЗВ} - \text{ЗТВ}$$

Оценка запасов продуктивной влаги представлена в таблице 1.

Т а б л и ц а 1. **Оценка запасов продуктивной влаги** (А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина)

Мощность слоя почвы, см	Запасы воды, мм	Качественная оценка запасов воды
0–20	>40	Хорошая
	40–20	Удовлетворительная
	<20	Неудовлетворительная
0–100	>160	Очень хорошая
	160–130	Хорошая
	130–90	Удовлетворительная
	90–60	Плохая
	<60	Очень плохая

ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Воздушные свойства и воздушный режим почв.

Тепловые свойства и тепловой режим почв

1. Воздушные свойства почвы.
2. Воздушный режим и пути его регулирования.
3. Тепловые свойства почвы.
4. Тепловой режим и пути его регулирования.

1. Воздушные свойства почвы.

Аэрация, т.е. обмен газами между почвенным воздухом и атмосферой, осуществляется через свободные от воды почвенные поры. Основой аэрации является *диффузия*, под которой понимают перемещение газов в почвенном воздухе или в атмосфере от участков с высоким парциальным давлением к участкам с более низким давлением. При хороше контакте почвенного и атмосферного воздуха диффузия газов происходит непрерывно, что объясняется различным газовым составом воздушной фазы почвы и атмосферы. Однако диффузия газов внутри почвы протекает медленнее, чем в атмосферном воздухе. Ускоряет диффузию почвенных газов поступление влаги в почву, которая, являясь антагонистом воздуха, вытесняет его в

приземные слои атмосферы. При уменьшении влажности почвы освобождающиеся от воды поры сразу же заполняются атмосферным воздухом. Свободный почвенный воздух может вытесняться и засасываться в почвенные поры при изменениях температуры почвы и атмосферного давления, однако значение данных факторов в аэрации невысокое. Еще меньше в аэрации роль ветра. Его влияние на газообмен зависит от объема крупных пор и особенностей обработки почвы. Во время ветра обмен почвенного воздуха с атмосферой наиболее интенсивно происходит на участках, лишенных растительного покрова.

Диффузия газов зависит как от скорости теплового движения молекул, так и от расстояния, которое они могут беспрепятственно пройти. Скорость теплового движения отдельно взятых молекул газов чрезвычайно высока. Например, молекула кислорода за 1 с может пройти расстояние в 461 м, а молекула водорода — 1838 м, но этого не происходит, так как свободный пробег газовых молекул в атмосфере небольшой. Для тех же молекул кислорода и водорода он равен $10,2 \cdot 10^{-5}$ и $17,8 \cdot 10^{-5}$ см. Незначительное расстояние свободного пробега объясняется в первую очередь очень большим количеством молекул газов в атмосфере, которые постоянно сталкиваются между собой и мешают друг другу передвигаться.

Для характеристики интенсивности диффузии газов введен коэффициент диффузии. *Коэффициентом диффузии* называется объем газа в сантиметрах кубических (см^3), который может пройти в течение 1 с через 1 см^2 поверхности, при толщине слоя в 1 см и градиенте концентрации, равном 1. При одной и той же температуре коэффициент диффузии газов почвенного воздуха почти в 10 раз меньше, чем в атмосфере.

Нормальный газообмен между почвенным воздухом и атмосферой осуществляется, если объем пор аэрации не ниже 20%. Интенсивность аэрации во многом определяется воздушными свойствами почвы, среди которых наиболее важными являются воздухопроницаемость и воздухоемкость.

Воздухопроницаемость. Это способность почвы пропускать через себя воздух. Воздух проходит через почву по порам, свободным от воды. Воздухопроницаемость зависит от гранулометрического состава почвы, ее структурного состояния и сложения, а в конечном итоге от размера пор аэрации. Чем они крупнее и чем их больше, тем лучше проницаемость почвы для воздуха. Воздухопроницаемость почв измеряется объемом воздуха в миллиметрах (мм), который проходит за единицу времени при определенном давлении через 1 см^2 почвы толщиной в 1 см. При увеличении влажности почвы объем пор, не занятых водой, уменьшается и соответственно снижается способность почвы пропускать через себя воздух. В естественных условиях через 1 см^2 почвы толщиной в 1 см каждую секунду проходит до 1 л и более воздуха, при этом в структурных почвах значение данного показателя гораздо выше, чем в бесструктурных.

Воздухоемкость. Под воздухоемкостью понимают количество воздуха, которое почва может удерживать в своих порах. Как и пористость,

воздухоемкость выражается в процентах от объема почвы. Она зависит от размера почвенных пор. Максимальное значение воздухоемкости характерно для сухих почв; по мере увлажнения почвы объем почвенного воздуха уменьшается.

У почв, находящихся в воздушно-сухом состоянии, величина воздухоемкости находится как разность между общей пористостью и объемом гигроскопической влаги. Воздухоемкость почвы, влажность которой соответствует наименьшей влагоемкости, равна объему некапиллярных пор. И если в этом случае объем пор, занятых воздухом, составляет менее 15%, то газообмен между почвенным воздухом и атмосферой считается неудовлетворительным. В минеральных почвах оптимальные условия для аэрации создаются при содержании воздуха на уровне 20...25%, в торфяно-болотных — 30...40% от общего объема почвы.

2. Воздушный режим и пути его регулирования.

Воздушный режим почвы — совокупность происходящих в ней процессов поступления, передвижения, изменения газового состава и физического состояния почвенного воздуха при его взаимодействии с атмосферой, твердой, жидкой и «живой» фазами почвы. Воздушный режим почв постоянно изменяется. В его изменениях прослеживается суточная и годовая динамика.

Суточная динамика обусловлена в основном изменениями атмосферного давления, температуры, освещенности и фотосинтеза, которые происходят в течение суток. Она охватывает лишь верхний (50 см) слой почвы. Благодаря суточной динамике состав почвенного воздуха может обновиться на 10...15%.

Годовая (сезонная) динамика воздушного режима определяется изменениями атмосферного давления, температуры, количества осадков, интенсивности жизнедеятельности растений, почвенных животных и микроорганизмов в течение года. Она соответствует биологическим ритмам и характеризуется увеличением концентрации CO_2 и уменьшением содержания O_2 во время интенсивного развития растений. По мере снижения биологической активности CO_2 покидает почву, а содержание в ней O_2 возрастает.

С точки зрения агрономии наиболее благоприятный воздушный режим наблюдается в рыхлых аморфных почвах с хорошей структурой. В верхних горизонтах этих почв содержание воздуха во время вегетации растений находится на уровне 20...25% от объема почвы. К сожалению, многие почвы такими условиями не обладают. Например, в тяжелых бесструктурных почвах, отличающихся большим количеством капиллярных пор и очень малым количеством крупных некапиллярных пор, даже при оптимальной влажности растения могут страдать от недостатка O_2 и избытка CO_2 . Их воздушный режим можно улучшить лишь с помощью агротехнических и мелиоративных мероприятий.

Агротехнические мероприятия должны быть направлены на улучшение сложения почвы, увеличение общего объема ее пор и пор аэрации, что способствует усилению газообмена между почвенным воздухом и атмосферой и соответственно уменьшению содержания в почве диоксида углерода и увеличению концентрации кислорода. При этом чем лучше структурное состояние почвы, тем выше ее воздухопроницаемость. Например, по данным Н.Ф. Добрякова, через 1 ч после обильного полива хорошо оструктуренной почвы ее воздухопроницаемость составляет более 60 мл, среднеоструктуренной — 60...40, слабооструктуренной — 40...30 и бесструктурной — менее 20 мл в минуту.

Эффективность газообмена между атмосферой и почвенным воздухом можно оценивать также по содержанию в почве углекислого газа и кислорода. Считается, что концентрация диоксида углерода более 2...3%, а кислорода менее 19...18% для многих растений неблагоприятна.

Известкование кислых и гипсование щелочных почв, внесение органических и минеральных удобрений, углубление пахотного горизонта, рыхление плужной подошвы, уничтожение почвенной корки, междурядные обработки пропашных культур, посев многолетних трав — вот те агротехнические мероприятия, которые способствуют не только окультуриванию почв, но и оптимизации их воздушного режима.

Мелиоративные мероприятия эффективны только на заболоченных почвах. С помощью мелиорации из почвы удаляется избыток влаги, в результате чего почвенные поры заполняются воздухом.

3. Тепловые свойства и тепловой режим почвы

Тепловой режим почв — один из важных показателей, во многом определяющий направление и интенсивность почвообразовательных процессов. От его особенностей зависят длительность вегетационного периода растений, видовой состав и продуктивность растительного покрова, водный и воздушный, режимы почвы, численность обитающих в ней микроорганизмов, скорость разложения органических остатков и превращения гумусовых веществ, темпы выветривания горных пород, интенсивность химических реакций и т.д.

Источники тепла в почве — лучистая энергия солнца; радиация атмосферы; теплота, идущая изнутри земного шара; энергия, которая является при разложении растительных остатков; радиоактивный распад. Главным среди них является лучистая энергия солнца, т.е. энергия, которая возникает во время ядерных реакций при температуре около 10 млн. градусов. До 30% солнечной энергии рассеивается в атмосфере или отражается облаками и поверхностью земли, около 20% поглощается облаками в верхних слоях атмосферы и около 50% достигает суши или поверхности Мирового океана и поглощается ими. Лучистая энергия солнца, поглощенная почвой, превращается в тепловую энергию, которая или передается в нижние горизонты, или отдается в атмосферу. Почва отдает тепло в атмосферу лишь в том случае, если она имеет более высокую

температуру, чем приземные слои воздуха. При этом почва охлаждается. Если почва поглощает больше лучистой энергии, чем отдает тепла в атмосферу, то происходит ее нагревание, и тепло начинает распространяться в нижележащие почвенные слои. Чем больше разность между температурой верхних и нижних слоев почвы, тем больше тепла уходит вниз. При охлаждении почвы часть тепла, аккумулированного в ее нижних слоях, передается вверх.

Количество энергии солнца, поступающей в почву, зависит от почвенно-климатической зоны, погодных условий, особенностей рельефа и экспозиции склонов, наличия растительного покрова, окраски почвы, ее физических и тепловых свойств.

К тепловым свойствам почвы относят ее теплопоглощательную способность, теплоемкость и теплопроводность.

Теплопоглощательная способность. Это способность почвы поглощать лучистую энергию солнца. Поглощается не вся солнечная энергия, а только ее часть; другая часть отражается почвой. Величина отраженной коротковолновой солнечной *радиации*, выраженная в процентах от ее общего количества, достигшего поверхности почвы, называется *альбедо*. Чем меньше альбедо, тем меньше солнечной энергии отражает почва и тем сильнее она нагревается.

Значение альбедо зависит от цвета почвы, удельной поверхности, влажности и особенностей растительного покрова. Чем темнее почва, тем меньше ее альбедо. В связи с этим почвы, содержащие много гумуса и отличающиеся более темным цветом, всегда нагреваются сильнее, чем более светлые малогумусовые. Альбедо снижается также при увеличении влажности и удельной поверхности почвы.

Теплоемкость. Способность почвы поглощать тепло называется теплоемкостью. Она бывает удельная и объемная. *Удельная* теплоемкость характеризуется количеством тепла в джоулях (Дж), которое необходимо для того, чтобы нагреть 1 г абсолютно сухой почвы на 1 °С, а *объемная* — соответственно 1 см³ абсолютно сухой почвы.

Перерасчет удельной теплоемкости в объемную необходим при изучении особенностей перераспределения тепла в пределах почвенного профиля. Известно, например, что сложение разных генетических горизонтов различно. Одни из них имеют большую пористость, другие — меньшую, соответственно и соотношение удельной и объемной теплоемкостей будет различно. В целом их значения связаны между собой следующим уравнением:

$$T_v = T \cdot d_v$$

где T_v , T — соответственно объемная [Дж/(см³ · град)] и удельная [Дж/(г · град)] теплоемкости; d_v — плотность сложения почвы, г/см³.

Теплоемкость почвы зависит от ее гранулометрического и минералогического состава, содержания в ней органического вещества, воды, воздуха (табл. 11.2). Теплоемкость влажной почвы всегда выше теплоемкости сухой почвы. Это объясняется тем, что для нагревания 1 г воды

на 1 °С требуется тепла гораздо больше, чем для нагревания такого же количества почвенных минералов. Именно поэтому влажные почвы медленнее нагреваются, чем сухие, и более медленно охлаждаются. Медленнее нагреваются и глинистые почвы. Они считаются холодными, в то время как песчаные почвы с их невысокой теплоемкостью получили название теплых. Вместе с тем тяжелые почвы осенью гораздо медленнее охлаждаются и в холодное время имеют более высокую температуру, чем легкие.

Теплопроводность. В связи с разностью температур теплота, которая поступает на поверхность почвы, перераспределяется между ее слоями. Этот процесс называется теплообменом, а свойство почвы проводить тепло — теплопроводностью.

Теплопроводность оценивается с помощью *коэффициента теплопроводности*.

Наименьшей теплопроводностью отличается почвенный воздух, наибольшей — твердая фаза почвы, особенно ее минеральная часть. В связи с этим бесструктурные и плотные почвы имеют более высокую теплопроводность, чем рыхлые, с большим количеством пор аэрации. Затрудняется передача тепла от одних слоев почвы к другим и с увеличением содержания в ней органического вещества. Именно поэтому торфяно-болотные почвы отличаются значительно меньшей теплопроводностью, чем минеральные.

Теплопроводность почв увеличивается по мере их увлажнения. В этом случае из почв вытесняется газообразная фаза и поры заполняются водой, которая способна пропускать тепло почти в 30 раз быстрее, чем воздух.

4. Тепловой режим и пути его регулирования

Тепловым режимом почвы называется совокупность процессов поступления, переноса, аккумуляции и отдачи тепла. Количественно он выражается с помощью радиационного и теплового балансов.

Радиационный баланс — это соотношение между количеством солнечной радиации, поглощаемой и излучаемой почвой. Ее приходная часть представлена прямой и рассеянной солнечной коротковолновой радиацией, а также длинноволновым излучением атмосферы. В расходную часть входят отраженная поверхностью почвы коротковолновая радиация и длинноволновое температурное излучение почвы. Если приходная часть радиационного баланса больше расходной, почва нагревается. В этом случае баланс считается положительным. Для радиационного баланса характерна суточная и годовая периодичность.

Тепловой баланс складывается из показателя радиационного баланса (T_6), расхода тепла на транспирацию и физическое испарение влаги на теплообмен между поверхностью почвы и ее более глубокими слоями (T_n), на нагревание воздуха (T_k) и имеет следующий вид:

$$T_6 = T_T + T_P + T_K.$$

Тепловой баланс зависит от географического положения и особенностей рельефа, физических свойств почвы, наличия растительного покрова, сезона года, времени суток, погодных условий и многих других факторов.

Влияние рельефа проявляется в перераспределении солнечной радиации и влаги по поверхности почвы. Например, самыми теплыми считаются южные склоны, несколько более холодными — западные и восточные и самыми холодными — северные. При этом чем круче склоны, тем больше влияние их экспозиции на температуру почв. Перераспределяя тепло и осадки по поверхности суши, рельеф оказывает большое влияние на характер и продуктивность произрастающей растительности, которая в свою очередь уменьшает поток солнечной радиации к поверхности почвы, снижая тем самым ее температуру в период летней жары.

Большое влияние на температуру почвы оказывает ее окраска. Темные почвы (например, дерново-карбонатные) отличаются более низким значением альбедо и поэтому всегда сильнее нагреваются, чем светлые.

В течение суток наибольшие колебания температуры почвы наблюдаются на ее поверхности. Она достигает своего максимума в полдень и падает в ночные часы. В зависимости от свойств почвы на глубине от 35 см до 1 м суточные колебания затухают. Здесь температура почвы остается довольно постоянной и изменяется лишь по мере смены сезонов года.

В условиях Беларуси максимальное значение среднесуточной температуры верхнего слоя почвы наблюдается в июле. Тепловой режим почвы в этот период характеризуется потоком тепла от верхних горизонтов к нижним. Минимальное значение температуры приходится на январь — февраль. Это так называемый период охлаждения почвы, когда поток тепла идет от нижних горизонтов к верхним. При этом на глубине 20 см среднегодовая температура обычно несколько выше, чем среднегодовая температура приземных слоев атмосферы.

Как и в течение суток, наиболее резкие годовые колебания температуры почвы отмечаются в ее верхнем слое. Обычно почва начинает замерзать при температуре 0,1...1,5 °С. Это объясняется тем, что почвенная влага представляет собой не дистиллированную воду, а раствор, в котором содержится какое-то количество самых разнообразных растворенных веществ, и чем больше их концентрация, тем при более низкой температуре она превращается в лед. Кроме того, связанная влага замерзает при температуре около —4 °С, что также способствует снижению температуры замерзания почвы.

Глубина промерзания почвы, с одной стороны, зависит от силы мороза, теплоемкости и теплопроводности почвы, а с другой — от наличия на поверхности почвы снежного покрова, особенностей рельефа, на котором она образована, влажности почвы, ее защищенности растениями и послеуборочными растительными остатками.

Чем более мощный и рыхлый снежный покров, тем на меньшую глубину промерзает почва. Способствуют накоплению снега растения. Там, где

осенью оставлена стерня зерновых культур, посеяны и хорошо раскустились озимые, многолетние травы, имеются посадки плодово-ягодных культур, в зимний период накапливается больше снега и соответственно почва меньше промерзает. Глубже всего промерзает почва на северных выпуклых элементах рельефа, с которых ветром сдувается снег. На более теплых южных склонах и в понижениях, где накапливается более мощный снежный покров, глубина промерзания почвы гораздо меньшая. При прочих равных условиях более влажные почвы промерзают на меньшую глубину, чем сухие.

При характеристике теплового режима почв особый интерес представляет сумма активных температур на глубине максимального распространения корней (20 см). *Активной* называют температуру почвы выше 10 °С. Весной, при наступлении такой температуры, растения начинают интенсивно развиваться. Чем длиннее период с активной температурой, тем выше теплообеспеченность почв и лучше условия для развития растений. В условиях Беларуси теплообеспеченность почв считается, как правило, выше средней.

В сельскохозяйственном производстве приток солнечного тепла поверхности почвы регулируется с помощью ее мульчирования, затенения растительностью, специальных приемов обработки.

Мульчирование поверхности почвы получило распространение в овощеводстве. Оно осуществляется с помощью торфа, соломы, костры, опилок, бумаги и других материалов, как правило, органического происхождения. Мульча темного цвета на 10... 15% снижает альбедо и тем самым увеличивает приток солнечной радиации к поверхности почвы. Светлоокрашенные мульчирующие материалы, наоборот, способствуют меньшему нагреванию почвы. Мульчирование поверхности почвы не только регулирует тепловой режим почвы, но и значительно снижает испаряющую способность, обеспечивая тем самым сохранение почвенной влаги.

Существенно уменьшает приток солнечной энергии к поверхности почвы растительный покров. Многолетние травы, лесные насаждения, кулисные посевы изменяют микроклимат местности, замедляют интенсивность обмена почвенного воздуха с атмосферой, способствуют понижению температуры почвы днем и ее повышению ночью. На участках, занятых растительностью, в зимнее время накапливается больше снега, который предохраняет почву от глубокого промерзания.

Иногда в овощных хозяйствах Беларуси для более быстрого прогревания поверхности почвы применяют гребневые и грядковые посевы. С помощью гребней увеличивается общая поверхность почвы, в результате температура ее повышается на 3...5 °С. Вместе с тем почвы с неровной, гребнистой поверхностью ночью быстрее отдают тепло и иногда в утренние часы могут оказаться более холодными.

Рыхление почвы уменьшает ее теплопроводность и лучеиспускательную способность. Такой прием способствует снижению температуры почвы в дневные часы и сохранению тепла ночью. Прикатывание почвы, наоборот,

увеличивает теплопроводность верхнего слоя почвы и способствует повышению температуры неуплотненного нижележащего слоя.

Для улучшения теплового режима почв в овощеводческих хозяйствах широко применяют биотопливо, а также искусственный обогрев теплиц с помощью электричества, пара, горячей воды. В качестве биотоплива наибольшее распространение получил конский навоз, температура которого при интенсивном разложении может подняться до 70°C.

Довольно эффективный прием снижения температуры почвы –полив. Осушение же заболоченных почв, наоборот, приводит к повышению ее температуры в дневные часы и снижению в ночное время.

ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Плодородие почвы

1. Понятие о почвенном плодородии и его виды.
2. Воспроизводство плодородия почвы.

1. Понятие о почвенном плодородии и его виды

Плодородие – основное специфическое свойство почвы, отличающее ее от материнской породы. Понятия «почва» и «плодородие» неразрывны. Плодородие формируется в результате длительного развития природного почвообразовательного процесса, на который при сельскохозяйственном использовании налагается процесс окультуривания.

Понятие о плодородии формировалось с первых шагов земледельца древности, который умел различать почвы с низким, и высоким уровнем плодородия. Об этом много знали в античной Греции и Риме, о чем сообщают в своих трудах Аристотель, Лукреций, Плиний, Колумелла и другие. Анализируя наблюдения над природными явлениями, ученые древности создавали мифы о «жире земли», о «жизненной силе растений». Со временем стали появляться догадки о минеральном питании растений, о наличии в почве перегнойных веществ, а в конце XIX в. некоторые исследователи обратили внимание на роль физических свойств почвы в плодородии и стали выяснять ее.

Основоположники учения о почвах – В.В. Докучаев и П.А. Костычев, отмечая зависимость урожайности растений от климатических, геоморфологических и почвенных условий, предлагали оценивать плодородие по сумме свойств почвы и урожайности. Большой вклад в развитие учения о плодородии внесли В.Р. Вильямс, С.П. Кравков, А.Н. Соколовский.

По современным представлениям *плодородие* — способность почвы удовлетворять потребности растений в элементах питания, воде, обеспечивать их корневые системы достаточным количеством воздуха и тепла и благоприятной физико-химической средой для нормального роста и развития, т.е. способность почвы обеспечивать рост и воспроизводство растений всеми необходимыми им условиями.

Виды почвенного плодородия

В настоящее время выделяют естественное, искусственное, эффективное, потенциальное, эффективное, относительное, экономическое виды плодородия.

Естественное плодородие формируется в процессе развития почв под влиянием природных факторов почвообразования, и поэтому, например, природное плодородие дерново-подзолистых почв сильно уступает природному плодородию черноземов.

Искусственное плодородие – это плодородие, которым обладает почва в результате целенаправленной деятельности человека (применение удобрений, мелиорация, способы обработки и др.). Оно зависит от уровня развития науки и техники, размера материальных затрат, от возможности мобилизации природного плодородия для получения урожая культур.

Потенциальное плодородие – суммарное плодородие почвы, определяемое как ее природными свойствами, так и свойствами, созданными или измененными человеком. Благодаря этому виду плодородия имеется много примеров, когда урожайность ряда культур на дерново-подзолистых почвах уже может превосходить урожайность, получаемую на черноземах.

Эффективное плодородие – та часть потенциального плодородия, которая реализуется в виде урожая растений при конкретных условиях. Оно зависит от степени мобилизации с помощью агротехнических приемов элементов потенциального плодородия и от эффективности дополнительно привнесенных факторов роста и развития растений.

Экономическое плодородие – экономическая оценка земли в связи с ее потенциальным плодородием и экономическими характеристиками участка: расстояние от дорог, центров энергоснабжения, водоемов, размер и конфигурация поля, трудность механической обработки и т.д. Важнейшими показателями экономической оценки земель являются общая стоимость продукции, затраты на ее получение и чистый доход. Эти показатели сильно варьируют как в пределах одного хозяйства, так и того природно-экономического района, где это хозяйство расположено.

Кроме того, плодородие почвы носит *относительный характер* к определенной группе или виду растений, т.е. почва может быть плодородной для одних и бесплодной для других растений. Поэтому осуществляется агропроизводственная группировка почв, на основе которой и составляется структура посевных площадей и проектируются эколого-контурные севообороты.

Факторы и условия плодородия

Плодородие почвы заключается в возможности обеспечивать растения факторами жизни. Различают факторы и показатели (условия) почвенного плодородия.

Факторам плодородия – это необходимые факторы жизни и роста растений: элементы азотного и зольного питания растений, вода, воздух и тепло и др.

Условия плодородия – это совокупность свойств и режимов, сложное взаимодействие которых определяет возможность обеспечения растений земными факторами, т. е. конкретные показатели почвенных режимов: температурного, водно-воздушного, питательного, физико-химического, биохимического, солевого, окислительно-восстановительного.

Различают агрофизические, биологические и агрохимические факторы плодородия.

Гранулометрический состав почвы среди **агрофизических факторов** – главный, определяющий ряд подчиненных факторов. Легкие песчаные и супесчаные почвы являются «теплыми», они имеют высокую водопроницаемость и хорошую аэрацию. Для них характерны малая влагоемкость, низкая поглотительная способность и буферность. Лучшими для большинства растений являются суглинистые почвы. Гранулометрический состав во многом определяет производительную способность почв, так как от него зависят физические свойства и водный, воздушный, тепловой и пищевой режимы почвы.

Структурность почвы обеспечивает одновременное существование в ней аэробных микроразнов, соотношение между которыми колеблется в зависимости от размера структурных агрегатов и их порозности. Это может усиливать или замедлять процессы мобилизации элементов питания микроорганизмами.

Биологические факторы определяются активностью почвенных микроорганизмов, состав которых зависит от генетических свойств почв и их сельскохозяйственного использования. К биологическим факторам относятся также содержание и состав органического вещества почвы, чистота почвы от сорняков, вредителей и возбудителей болезней. Важным биологическим фактором плодородия является *ферментативная активность почв*.

К агрохимическим факторам плодородия относятся содержание гумуса, подвижных соединений макро- и микроэлементов, реакция почвенной среды, емкость катионного обмена и степень насыщенности основаниями.

По комплексу агрофизических, агрохимических и биологических свойств почвы можно оценить ее буферную способность, которая, как правило, высока для почв, богатых гумусом, насыщенных основаниями, при общей высокой поглотительной способности.

Среди факторов, определяющих эффективное плодородие, ведущую роль играет **антропогенный фактор**. Его определяют, учитывая:

- питательный, водный, воздушный и тепловой режимы, реакцию почвы, наличие в ней фитотоксичных соединений, физиологически активных веществ, гормонов и др.;

- погодно-климатические условия — солнечную радиацию, количество осадков, сумму активных температур, длительность вегетационного периода, относительную влажность воздуха и ее динамику, количество CO₂;
- сорт, репродукцию растений; качество посевного материала и др.;
- фитосанитарные условия — наличие сорняков, болезней и вредителей культурных растений;
- способы обработки почвы, севообороты, агротехнику, внесение органических и минеральных удобрений и извести, пестицидов, регуляторов роста, химическую мелиорацию, гидромелиорацию, противоэрозионные мероприятия, организацию территории.

По характеру воздействия на организмы факторы плодородия могут быть разделены на:

1) необходимые для жизни; 2) косвенные; 3) токсические; 4) случайные.

К *необходимым* относятся световая энергия, питательные вещества, тепло и другие факторы жизни.

Косвенные факторы плодородия влияют на интенсивность, характер и действия необходимых факторов жизни. Их набор и особенности определяются средой обитания.

Токсические факторы нарушают физиологические функции растений. С нарастанием их содержания в среде снижается продуктивность и растения гибнут (химические соединения, фитонциды).

Случайные факторы в почвах возникают, как правило, под влиянием резких изменений погодных условий. Это снижение температуры весной или летом, затопление, засыпка пылью и т. д.

Плодородие почвы формируется в процессе образования самой почвы и определяется всей совокупностью свойств почвы, поэтому показатели, или условия плодородия, также делятся на биологические, химические и агрофизические.

В целом плодородная почва должна обладать мощным, оструктуренным, биологически активным, богатым гумусом слоем с большими запасами элементов питания, благоприятным водно-воздушным, тепловым и пищевым режимом.

Преобразование почв в соответствии с требованиями культурных растений называется окультуриванием, а степень соответствия почв требованиям культурных растений – окультуренностью. В плодородных почвах идет своеобразный, отличный от природного культурный почвообразовательный процесс.

2. Воспроизводство плодородия почвы

Плодородие почвы представляет собой такое ее свойство, которое способно к воспроизводству как в природных условиях, так и в условиях сельскохозяйственного использования. Оно может быть простым, расширенным и неполным.

Понятие простого, неполного и расширенного воспроизводства применимо больше к потенциальному плодородию, изменяющемуся относительно медленно.

Простое воспроизводство – это отсутствие заметных изменений в совокупности свойств почвы, влияющих на ее плодородие. Ведение земледелия происходит на фоне уравновешенной интенсивности баланса питательных веществ.

Неполное воспроизводство – это ухудшение свойств почвы, влияющих на ее плодородие, снижение способности почвы обеспечивать растения факторами, необходимыми для их роста и развития в многолетнем цикле. К сожалению, оно представляет собой широко распространенные явления на земном шаре, имеющие место и в Беларуси.

В итоге для поддержания эффективного плодородия требуется все более массированное и дорогостоящее воздействие человека на почву, которое нередко приводит к дальнейшему снижению ее потенциального плодородия.

Расширенное воспроизводство плодородия – это улучшение совокупности свойств почвы, повышение способности почвы обеспечивать растения факторами, необходимыми для их роста и развития в многолетнем цикле.

Оно может осуществляться как постоянно на фоне высокой агротехники, ведения земледелия с интенсивностью баланса питательных веществ выше 100% и оптимизации агрофизических, агрохимических и биологических свойств почвы, так и в короткие сроки при коренном изменении свойств почвы за счет мелиорации.

Обеспечение расширенного воспроизводства почвенного плодородия – важнейшая задача рационального использования земли в условиях интенсивного земледелия.

Воспроизводство плодородия определяется конкретными почвообразовательными процессами, которые развиваются в зависимости от конкретных условий. В природных фитоценозах растительное сообщество находится в состоянии динамического равновесия, приспособленного к условиям местности и почве. При сельскохозяйственном использовании почв воспроизводство плодородия определяется сочетанием природных факторов и методов воздействия человека на почву. При этом на почву начинают действовать новые факторы, сочетание которых со временем преобразует природные почвы в культурные, в которых свойства и режимы соответствуют требованиям культурных растений. Этот процесс называется *процессом окультуривания*, а совокупность процессов, протекающих под влиянием человека, – *культурным почвообразовательным процессом*. Его развитие предполагает обязательное повышение почвенного плодородия. В итоге можно оценить *степень окультуренности почв*, т.е. соответствие свойств и режимов почв требованиям культурных растений.

Под влиянием удобрений, различных видов мелиорации, способов обработки и других факторов в почве изменяются агрофизические, агрохимические и биологические свойства, структурное состояние, интенсивность биологического круговорота веществ, возрастает количество

и изменяется качество гумуса, улучшаются водный, тепловой и воздушный режимы. В результате почва характеризуется мощным корнеобитаемым слоем с высоким запасом гумуса и питательных элементов, высокой емкостью поглощения и благоприятной реакцией среды для растений и микроорганизмов.