

Лекция 3. Водный режим и водный баланс почвы

- 1. Виды земель, подлежащие осушения.*
- 2. Свойства почвы.*
- 3. Водный баланс территории. Водный режим почвы.*
- 4. Режим осушения.*

1. Виды земель, подлежащие осушения

В зависимости от степени увлажнения различают автоморфные, полугидроморфные, гидроморфные и пойменные почвы. На автоморфных почвах переувлажнение отсутствует и в осушении они не нуждаются. Такие почвы занимают 45,3 % сельскохозяйственных угодий Республики Беларусь. К полугидроморфным относят минеральные земли периодического переувлажнения, а к гидроморфным – торфяно-болотные и заболоченные почвы постоянного переувлажнения.

При постоянном переувлажнении избыток влаги в почве имеет место на протяжении всего года. На периодически переувлажняемых землях избыток воды наблюдается в отдельные периоды вегетации. Любое переувлажнение ухудшает условия произрастания растений и их обработки.

Общая площадь полугидроморфных и гидроморфных почв в республике составляет 46 %. Кроме того, периодически переувлажняются также пойменные почвы. Поэтому площадь всех переувлажненных земель превышает 50 %.

Минеральные почвы в мелиоративном фонде составляют около 63 % и сконцентрированы в основном в Витебской, Гродненской и Могилевской областях. За счет проведения комплекса гидротехнических (осушительных), агро-мелиоративных и агротехнических приемов можно резко повысить их плодородие, обеспечив устойчивую продуктивность на уровне 6–8 т/га кормовых единиц.

Почвы связного гранулометрического состава широко распространены в северной части республики, прежде всего в Белорусском Поозерье. Этот регион занимает около одной трети всей площади Беларуси, включая практически всю Витебскую область, частично Гродненскую и Минскую. Поозерье отличается разнообразием типов и форм рельефа, обилием глубоких озерных котловин, пестротой почв и почвообразующих пород, мозаичностью растительности.

Территория Белорусского Поозерья характеризуется значительной заболоченностью земель. Переувлажненность сельхозугодий в Верхнедвинском, Витебском, Докшицком, Полоцком, Шумилинском, Чашникском районах достигает 70–75, а в Шарковщинском – 81,5 %.

По данным почвенных обследований, почти 40 % пахотных земель региона избыточно увлажнены. Здесь отмечается наибольшая в республике заболоченность минеральных пахотных почв. Среди переувлажненных почв временно избыточно увлажненные занимают 37,6, глееватые и глеевые – 17,5 % . В наибольшей степени переувлажнены пахотные угодья Шарковщинского, Миорского, Докшицкого, Бешенковичского, Верхнедвинского, Полоцкого, Поставского, Витебского, Шумилинского районов. Причиной распространения таких почв является сочетание комплекса климатических и геоморфологических факторов, состава и строения почв. Высокая влагоемкость почв связного гранулометрического состава, очень слабая

фильтрационная способность и следствие этого – медленное перераспределение избыточной влаги выдвигают задачу регулирования водно-физических свойств и водного режима в соответствии с требованиями возделываемых растений и принципами рационального использования земель.

Плодородие переувлажняемых дерново-подзолистых почв зависит от гранулометрического состава и степени избыточного увлажнения. Именно эти показатели определяют возможность их сельскохозяйственного использования. Так, без осушения под пашню можно использовать только временно избыточно увлажненные песчаные и рыхло-супесчаные почвы. Под кормовые угодья в неосушенном состоянии можно использовать также временно избыточно увлажненные суглинистые или глинистые почвы и дерново-подзолистые глееватые песчаные и рыхло-супесчаные. Все остальные почвы этого типа нуждаются в осушении. Как правило, необходимо осушать и дерновые переувлажненные почвы. Среди этих видов почв преобладают дерново-глеевые, использование которых без осушения имеет ограниченные размеры.

На пойменных землях накапливаются минеральные и органические вещества, смываемые с водосбора. Пойменные почвы обладают высоким плодородием, но нуждаются в проведении культуртехнического обустройства территории и улучшении водного режима в связи с периодическими их затоплениями паводками.

Среди периодически переувлажняемых следует выделить дерново-подзолистые почвы на лессах и лессовидных суглинках. Они в Беларуси занимают 783,6 тыс. га (или 6,2 % площади). Характерной особенностью лессовых почв являются небольшие блюдцеобразные западины. Их образование объясняется глубоким выщелачиванием карбонатов и последующей просадкой грунта.

Торфяно-болотные и заболоченные почвы в Беларуси занимают 2,9 млн. га, что составляет 14,4 % площади территории страны. Около 40 % из них включены в общий сельскохозяйственный мелиоративный фонд. Основная доля их приходится на Брестскую, Минскую и Гомельскую области.

В настоящее время практически все почвы, используемые в хозяйственной деятельности человека, в той или иной степени отличаются от нетронутых аналогов. Если раньше человек воздействовал лишь на пахотный слой (15–20 см), то сейчас антропогенной трансформации нередко подвергается весь почвенный профиль. Во всех областях, за исключением Гродненской, наиболее широко распространены дегроторфяные почвы (торфяно-минеральные, остаточнo-торфяные минеральные и постторфяные минеральные). Так, в составе сельскохозяйственных земель Гомельской и Брестской областей они составляют соответственно 4,5 и 5 % их площади. Брестская область располагает самыми большими площадями этих почв в составе пахотных земель (3,4 %). Значительны площади этих почв и в составе сельскохозяйственных земель Минской области. Общая площадь деградированных торфяных почв составила в республике в 2000 г. 190,2 тыс. га.

Наибольшие площади дегродерновых почв сконцентрированы в пределах сельскохозяйственных земель Могилевской (0,9 %), Витебской (0,5 %) и Гомельской (0,5 %) областей.

Почвы овражно-балочного комплекса характерны в основном для сельскохозяйственных земель районов распространения холмисто-моренного рельефа

Витебской (0,3 %) и лессового плато Могилевской (0,2 %) областей.

Нарушенные почвы встречаются во всех областях республики приблизительно на одинаковых площадях. Формирование их приурочено к различного рода строительным и культуртехническим работам, сопровождающимся частичным или полным нарушением строения естественного профиля.

Нарушенные рекультивированные почвы наибольший процент занимают среди сельскохозяйственных земель на территории Гродненской и Минской областей (по 0,8 %). Это в основном рекультивированные торфяные почвы.

Отдельными массивами встречаются также техногенно заболоченные почвы (подтопленные и постдренированные). Формирование подтопленных почв приурочено к зонам крупных водохранилищ и выработки полезных ископаемых шахтным способом. Постдренированные почвы характерны для староосушенных территорий с неисправной системой. Особую группу составляют загрязненные почвы и, прежде всего, химически загрязненные радиоактивными веществами. Площадь сельскохозяйственных земель, загрязненных радионуклидами, в настоящее время составляет немногим более 1,5 млн. га и приурочена к территории Гомельской (55 %) и Могилевской (28 %) областей.

Болота и заболоченные земли. Под болотом следует понимать участок земли, находящийся постоянно или периодически в состоянии избыточного увлажнения и покрытый специфической влаголюбивой растительностью, на котором начался процесс торфообразования.

Торф образуется в результате отмирания и неполного разложения болотных растений в условиях повышенной влажности и затрудненного доступа воздуха.

В зависимости от характера заболачивания, водного питания, растительного покрова и свойств торфа болота подразделяются на низинные, верховые и переходные. В Беларуси преобладают торфяно-болотные почвы низинного типа.

Низинные торфяники (эвтрофные болота) формируются при длительном затоплении грунтовыми водами понижений, речных долин и надпойменных террас. Иногда низинный торф образуется при зарастании озер и стариц. Степень разложения низинных торфяников колеблется в пределах от 30 до 60 %, зольность их достигает 35 %. Эти торфяники представляют наибольший интерес для сельского хозяйства.

Верховые болота (олиготрофные) образуются на водораздельных территориях. Основным источником переувлажнения являются атмосферные осадки, которые, по сравнению с грунтовыми водами, обеднены минеральными солями. Верховой торф имеет низкую зольность и незначительное содержание минеральных веществ. Этим почвам присуща высокая кислотность. Поэтому верховые болота отличаются низким естественным плодородием и их нецелесообразно использовать в сельском хозяйстве. Такие болота наиболее распространены в Витебской области.

Переходные болота (мезотрофные) формируются в условиях, при которых нарастающая поверхность торфяных почв постепенно теряет связь с грунтовыми водами, вследствие чего водное и минеральное питание ухудшается. Они занимают промежуточное положение между низинными и верховыми болотами. В процессе эволюции эти болота постепенно переходят в верховые торфяники с питанием атмосферными осадками. В сельском хозяйстве используются ограниченно, поскольку их

органическое вещество бедно питательными минеральными веществами.

В зависимости от мощности торфяного слоя торфяно-болотные и заболоченные почвы делят на торфянисто-глеевые, у которых глубина торфяного слоя не превышает 30 см; торфяно-глеевые, у которых мощность слоя торфа колеблется от 30 до 50 см; торфяно-болотные маломощные (мощность торфа от 50 до 100 см); среднемощные (слой торфа от 100 до 200 см) и мощные со слоем торфа более 200 см.

По степени разложения торфяные почвы бывают слаборазложившиеся (с разложением до 20–25 %), среднеразложившиеся (25–35 %) и хорошо разложившиеся (35–45 % и более).

Основным богатством торфяно-болотных почв является органическое вещество с высокой водоудерживающей способностью, определяющей их повышенное потенциальное плодородие. Другим показателем, выражающим суммарное содержание минеральной составляющей, является зольность. Зольный состав торфяников формируется в основном из минерализовавшихся остатков растений-торфообразователей и, кроме того, из минеральных веществ, взвешенных и частично растворенных в поверхностных и грунтовых водах, а также из частиц, выпадающих с атмосферными осадками и приносимых ветром. Общая зольность торфяников исчисляется в среднем 5–35 %.

Под влиянием гидромелиорации и комплекса агротехнических мероприятий происходят коренные изменения в почвообразовательном процессе торфяно-болотных почв. Удаление избытка влаги и усиление доступа атмосферного воздуха приводят к активизации окислительного процесса. Следствием этого является интенсивное разложение органического вещества. Поэтому при планировании мелиоративных мероприятий должны быть предусмотрены меры по снижению интенсивности этого процесса.

2. Свойства почвы

Физические свойства почвы во многом определяются ее структурой, которая устанавливается по форме и размеру комочков (структурных отдельностей или агрегатов) и по характеру их поверхности.

Под *гранулометрическим составом* почвы понимают относительное содержание в ней твердых частиц разного размера. Это содержание обычно выражается в процентах к весу почвы, высушенной при температуре 100–105 °С.

Размер частиц при лабораторном определении гранулометрического состава вычисляют по скорости их падения в вязкой среде, предварительно обработав почвенные агрегаты, раздробленные на составляющие их частицы, соляной кислотой и едким натрием. Оседание частиц разных размеров с различной скоростью позволяет разбить их на фракции.

Для отнесения почвы к тому или иному типу фракции подразделяются на группу физического песка (частицы более 0,01 мм) и группу физической глины (частицы менее 0,01 мм). По соотношению этих групп почва относится к соответствующему типу по гранулометрическому составу. Из всех классификаций почв по гранулометрическому составу наибольшее распространение получила классификация Н. А. Качинского.

В целях отнесения в гранулометрическом составе соотношения песка, пыли и ила выделяют следующие фракции: песчаную (более 0,05 мм), крупнопылеватую (0,05–

0,01 мм), пылеватую (0,01–0,001 мм) и иловатую (менее 0,001 мм).

Плотность твердой фазы почвы. Почва состоит из трех фаз: твердой, жидкой и газообразной. Твердая фаза представлена минеральными и органическими веществами, жидкая – почвенным раствором, газообразная – почвенным воздухом.

Плотность твердой фазы представляет собой массу почвенных (органических и минеральных) частиц, отнесенную к единице объема почвы.

Плотность зависит в основном от минералогического состава почвы и содержания органических компонентов. Для минеральных почв она находится в пределах 2,4–2,8 г/см³. В почвах тяжелого гранулометрического состава она больше. С увеличением содержания органического вещества в почве плотность уменьшается.

Средние значения плотности твердой фазы суглинистых почв на легких и средних суглинках в пахотном слое, как песчаных и супесчаных, равны 2,62 г/см³. Начиная примерно с глубины 20 см, плотность возрастает до 2,62–2,69 г/см³.

Наибольшая плотность у почв тяжелого механического состава – суглинисто-глинистых, на тяжелых суглинках и глинах. Наименьшую плотность имеют торфяные почвы. Величины плотности торфяных почв находятся преимущественно в пределах 1,50–1,60 г/см³. В самых верхних горизонтах она достигает 1,62–1,64 г/см³, а в сильно минерализованных торфах – 1,80–2,00 г/см³ и более.

Плотность торфяно-глеевых почв несколько больше, чем торфяных. Она равна в пахотном горизонте 1,64 г/см³. Крайние значения плотности этих почв – 1,52 и 1,70 г/см³. Торфяные почвы более мощные, в них четко прослеживается тенденция уменьшения величин плотности с глубиной.

По мере возрастания срока сельскохозяйственного использования торфяных почв плотность, особенно пахотного горизонта, повышается вследствие минерализации торфа.

Объемная масса (плотность почвы) характеризует массу почвы, находящуюся в естественном сложении и сухом состоянии в единице объема.

Объемная масса представляет собой массу единицы объема образца почвы с ненарушенным строением, поэтому она всегда меньше плотности твердой фазы, при определении которой пустоты между почвенными элементами исключаются.

Степень уплотнения почвы оказывает большое влияние на водный, воздушный и тепловой режимы почвы, на продуктивность растений. При уплотнении почвы уменьшается ее влагоемкость, снижается водопроницаемость. Рыхлые почвы по сравнению с плотными запасают больше влаги; в них лучше проникают дождевые и талые воды и меньше стекает воды по поверхности.

Рыхлые почвы при высокой влажности меньше испаряют влаги, чем плотные; в плотных почвах происходит более интенсивный подток влаги по капиллярам к зоне иссушения. Поэтому такой агротехнический прием, как боронование почвы, предохраняет ее от непроизводительной потери влаги.

Большое значение оказывает объемная масса почвы на рост, развитие и урожай растений. Например, при возделывании зерновых культур на дерново-подзолистых почвах с тяжелым гранулометрическим составом оптимальная плотность пахотного горизонта составляет 1,20–1,35 г/см³. При повышении плотности число корней растений заметно уменьшается.

Малые значения объемной массы имеют торфяные почвы. Для этих почв она

изменяется в пределах от 0,10 до 0,46 г/см³. Объемная масса торфяных почв наибольшая в пахотном слое, и средняя величина ее составляет 0,28 г/см³. Накопление зольных элементов при разложении торфа увеличивает объемную массу до 0,46 г/см³ и даже несколько больше.

Порозность (скважность) почвы. Общая порозность, или скважность, почвы представляет собой общий (суммарный) объем почвенных пор, заполненных водой или воздухом, выраженный в процентах от общего объема почвы. Вычисляется она в процентах от единицы объема по формуле

$$p = \left(1 - \frac{\gamma}{\gamma_{т. ф}} \right) 100, \quad (3.1)$$

где p – порозность почвы, % объема почвы;
 γ – объемная масса (плотность) почвы, г/см³;
 $\gamma_{т. ф}$ – плотность твердой фазы почвы, г/см³.

Порозность дерново-подзолистых почв колеблется от 20 до 60 %, у торфяников она возрастает до 80–90 %. Наибольшая порозность наблюдается у структурных, сильно гумусированных почв или у почв, только что вспаханных, а наименьшая – у песчаных и оглеенных. Общая порозность почв в нижних горизонтах обычно изменяется очень мало.

Изменчивость порозности в почвенном профиле, сопряженная с изменчивостью гранулометрического состава, структуры и сложения, обуславливает изменчивость водных и физических свойств почвы по вертикали.

Форма воды в почве определяется агрегатным состоянием и взаимодействием с твердой и газообразной фазами. Различают две группы воды: связанную (химически, физически, в твердом состоянии) и свободную (парообразная, капиллярная, гравитационная, грунтовая).

Химически связанная вода входит в состав ряда веществ почвы, не принимает участия в физических процессах и не испаряется при температуре 100 °С.

Физически связанная вода делится на гигроскопическую (адсорбируемую почвой пары воды из воздуха) и пленочную (удерживаемую вокруг твердой частицы почвы молекулярными силами). Гигроскопическая влага передвигается в почве только при переходе в парообразное состояние. Пленочная вода перемещается под действием градиента молекулярных сил. Количество пленочной воды в почве приблизительно равно двойной гигроскопичности.

Вода в твердом состоянии (лед) содержится в почве при отрицательной температуре.

Парообразная вода содержится в почве (не более 0,001 % массы) при любой влажности, занимая поры, свободные от капельно-жидкой воды. Передвижение парообразной воды происходит из слоев более насыщенных парами к менее насыщенным или из слоя с более высокой температурой и упругостью в слой с более низкой температурой.

Капиллярная вода насыщает капилляры почвы, соприкасающейся со свободной водной поверхностью. Она удерживается в почве силой водных менисков.

Гравитационная вода перемещается в почве под действием сил тяжести. Это

перемещение возникает, когда все поры почвы заполнены водой.

Грунтовая вода образуется в водоносном слое, лежащем на маловодопроницаемом водоупоре.

Количество воды в почве характеризуется *влажностью* и *запасами влаги* в ней. Различают абсолютную влажность почвы и относительную.

Абсолютная влажность почвы β (%) – это отношение массы влаги в некотором объеме почвы m_v к массе сухой почвы m_c :

$$\beta = (m_v / m_c) 100 \% . \quad (3.2)$$

Относительная влажность почвы β_0 (%) – это отношение абсолютной влажности β к какой-либо другой водно-физической константе почвы, например, к наименьшей влагоемкости почвы (НВ).

Запасы воды W в слое почвы h (м) выражают в кубических метрах на гектар и определяют по зависимости

$$W = 100ha\alpha, \quad (3.3)$$

где α – объемная масса почвы или ее плотность в естественном состоянии, т/м³.

Выделяют следующие основные ***почвенно-гидрологические характеристики***: максимальную гигроскопичность, влажность завядания, наименьшую и полную влагоемкость, высоту капиллярного поднятия, впитывание воды и водоотдачу.

Максимальная гигроскопичность (МГ) – это максимальное количество воды, поглощаемое почвой из воздуха, насыщенного парами воды. Ее определяют путем длительного (более 10 сут) насыщения образца почвы парами воды в эксикаторе.

Влажность завядания (ВЗ) – количество влаги, практически недоступной для растений, при котором появляются необратимые признаки увядания растений. Она определяется свойствами не растений, а почвы. Признаки увядания различных растений наступают на одной и той же почве при одинаковой ее влажности. Влажность почвы выше ВЗ называют продуктивной.

Наименьшая влагоемкость (НВ) – количество воды, прочно удерживаемое почвой после полного свободного стекания гравитационной воды. Доступная для растений влага лежит в пределах НВ – ВЗ.

Полная влагоемкость (ПВ) – наибольшее количество влаги, которое может содержаться в почве при условии полного насыщения всех пустот и пор водой. Она равна пористости почвы P . Зная P (в процентах от объема почвы) и ее объемную массу или плотность α (г/см³), можно определить $ПВ = P / \alpha$ (процент от массы сухой почвы).

Водоотдача μ – свойство почвы отдавать гравитационную воду путем стекания. Количественно водоотдача

$$\mu = ПВ - НВ. \quad (2.4)$$

Отношение объема свободно вытекающей из почвогрунта воды W (м³) к объему почвогрунта V (м³) в процентах называют *коэффициентом водоотдачи* $\delta = 100W / V$, используемым при расчетах параметров осушительных систем.

Внутрипочвенное движение воды в порах под действием менисковых сил называют *капиллярным*. Скорость капиллярного движения тем больше, чем больше диаметр капиллярных пор, а высота капиллярного поднятия h_k – наоборот.

Впитывание воды – это поступление воды в почву, не полностью насыщенную влагой, например, при орошении. Скорость впитывания воды в почву в момент времени t

при меняющейся глубине просачивания можно определить по формуле

$$K_t = \frac{K_1}{t^\alpha}, \quad (3.5)$$

где K_t – скорость впитывания в момент времени t , м/ч;

K_1 – скорость впитывания в конце первой единицы времени, м/ч;

α – показатель степени, изменяющийся от 0,3 до 0,8 в зависимости от свойств почвы и ее начальной влажности (чем больше начальная влажность, тем меньше α).

В расчетах техники полива применяется средняя скорость $K_{ср}$ за период впитывания поливной нормы t :

$$K_{ср} = K_0 / t^\alpha, \quad (3.6)$$

где K_0 – средняя за первый час скорость впитывания, м/ч.

Скорость впитывания V во времени постепенно убывает, приближаясь к некоторой постоянной величине K , которая характеризует собой коэффициент фильтрации данной почвы.

Гравитационная вода перемещается в почве под действием собственной массы. Ее перемещение происходит, когда все поры почвы заполнены водой, т. е. при полной влагоемкости (ПВ). Движение гравитационной воды называется *фильтрацией*, которая выражается количеством воды, проходящем через почву за определенное время.

Впервые закон движения воды в почве сформулировал ученый Дарси (Франция, 1856). Он установил, что объем воды, который проходит через слой песка, прямо пропорционален напору и обратно пропорционален пути фильтрации:

$$W = K\omega th / l, \quad (2.7)$$

где W – объем воды, см³;

K – коэффициент фильтрации, см/с;

ω – площадь живого сечения, см²;

t – время фильтрации, с;

h – (напор) разность уровней воды в начале и конце пути фильтрации, см;

l – длина пути фильтрации, см.

Отношение h / l называется градиентом напора i , или гидравлическим уклоном.

Учитывая, что расход воды $Q = W / t$ (см³/с), а скорость ее движения $V = Q / \omega$ (см/с), получим, что скорость фильтрации

$$V = Ki. \quad (2.8)$$

Эта зависимость представляет основной закон фильтрации, или закон Дарси, который показывает, что для данного грунта с коэффициентом фильтрации K скорость фильтрации прямо пропорциональна гидравлическому уклону i .

3. Водный баланс территории. Водный режим почвы

Нормальное развитие растений возможно только при условиях, создаваемых благоприятным сочетанием основных факторов их жизни – освещенностью, температурой окружающей среды, содержанием в ней влаги и элементов питания. Основным показателем оптимальности условий является обеспечение необходимого энерго- и массообмена между растениями и средой их обитания.

В практике сельскохозяйственного производства создание требуемых для развития растений условий осуществляется либо естественным образом (природой), либо путем

искусственного регулирования водного, теплового, светового и пищевого режимов в почве и приземном слое воздуха. Эти режимы связаны между собой и взаимовлияют друг на друга, в том числе и посредством самих растений.

Так, содержание воды в почве существенным образом влияет на содержание воды в растении, температуру почвы и растительных органов, интенсивность поступления элементов минерального питания в растения. Таким образом, от водного фактора напрямую зависит интенсивность транспирации, фотосинтеза, дыхания и всего продукционного процесса.

Водный и тепловой режимы почвы во многом обуславливают интенсивность микробиологических процессов, ответственных за разложение органического вещества, а следовательно, и формирование пищевого режима. От этих факторов зависит также развитие болезней растений. В свою очередь, содержание питательных веществ в почве влияет на интенсивность нарастания листовой поверхности на транспирацию, а через нее – на водный и температурный режимы растительного покрова и почвы.

Очевидно, что установление оптимального режима осушения должно базироваться на системном подходе (всестороннем учете всех факторов, определяющих эффективность сельскохозяйственного производства на мелиорируемых землях). Это требует знания как закономерностей водного, минерального, теплового и газового (углеродного) обмена в системе «почва – растение», так и влияния этого обмена на продукционные процессы в растительном сообществе и на свойства самой среды обитания.

Водный режим корнеобитаемого слоя почвы – это изменение во времени и пространстве (по площади) содержания влаги в корнеобитаемом слое. Оно может выражаться в абсолютных величинах, характеризующих объем ($\text{м}^3/\text{га}$) или слой (мм) имеющихся в почве влагозапасов или их недостаток (дефицит) до некоторого заданного уровня насыщения, а также в относительных единицах или процентах от оптимального для растений или полного насыщения почвы. Водный режим в значительной мере влияет на воздушный и пищевой режимы роста растений, что в конечном итоге определяет ход процессов накопления и разрушения органического вещества, т. е. почвенное плодородие и, как следствие, – урожайность. Водный режим почв зависит от целого ряда факторов, в том числе климатических (зональный характер увлажненности), метеорологических (состояние погоды), рельефных (расположение участка на склоне, в долине или на вершине возвышений), гидрогеологических (уровень стояния грунтовых вод), биологических (тип растительного покрова), физических (свойства почв), хозяйственных (деятельность человека) и т. д.

Водный режим определяется динамикой поступления, распределения и расходования влаги на рассматриваемой площади. Количественным выражением водного режима территории, позволяющим оценить соотношение приходных и расходных факторов, является *уравнение водного баланса*. Это уравнение представляет собой математическую форму одного из важнейших законов природы – закона сохранения (в данном случае почвенной влаги).

В общем случае уравнение водного баланса относительно корнеобитаемого слоя почвы ограниченного участка площади для конечного промежутка времени можно представить в следующем виде:

$$P + Y_{\text{п}} + Y_{\text{в}} - X_{\text{п}} - X_{\text{в}} - E_{\text{в}} - E - M_{\text{от}} - M_{\text{сб}} + W_h + U_{\text{п}} + K_h - J_h = 0, \quad (3.9)$$

где P – атмосферные осадки;

$Y_{\text{п}}$ и $Y_{\text{в}}$ – приток со стороны поверхностных и внутрипочвенных вод;

$X_{\text{п}}$ и $X_{\text{в}}$ – сток поверхностных и внутрипочвенных вод;

E – суммарное испарение (эвапотранспирация);

$E_{\text{в}}$ – испарение с водной поверхности каналов и открытых водоемов;

$M_{\text{от}}$ – отток вод поверхностным путем за пределы поля;

$M_{\text{сб}}$ – сброс избыточных вод;

$W_h = W_{hн} - W_{hk}$ – изменение влагозапасов в корнеобитаемом слое почвы толщиной h ;

$W_{hн} - W_{hk}$ – влагозапасы этого слоя в начале и конце расчетного промежутка времени;

$U_{\text{п}}$ – аккумуляция воды на поверхности (в понижениях микрорельефа);

K_h – приход за счет восходящего потока капиллярной, пленочной и парообразной влаги или подпитывание корнеобитаемого слоя почвы за счет грунтовых вод;

J_h – расход за счет нисходящего потока (инфильтрация) влаги за пределы корнеобитаемого слоя почвы.

Уравнение (3.1) водного баланса охватывает весь спектр факторов. В конкретных условиях осушаемого массива (рис. 3.1) многие составляющие этого уравнения или могут отсутствовать, или могут быть пренебрежимо малыми, в связи с чем уравнение водного баланса значительно упрощается.

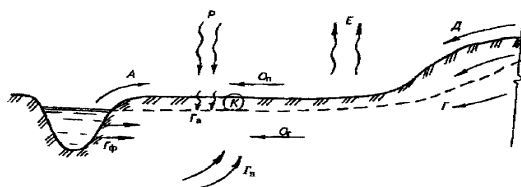


Рис. 3.1. Компоненты водного баланса осушаемой территории

Увеличение (+) или уменьшение (–) запасов влаги (ΔW) на территории за расчетный период описывается следующим уравнением:

$$\pm \Delta W = (P + A + D + \Gamma + \Gamma_n + \Gamma_{\text{ф}} + \Gamma_a + K) - (E + O_{\text{п}} + O_{\text{г}}), \quad (3.10)$$

где A – аллювиальные воды;

D – делювиальные воды;

Γ – грунтовые воды, поступающие с водосбора;

Γ_n – грунтово-напорные воды;

$\Gamma_{\text{ф}}$ – грунтовые воды, подпитываемые из реки водоемов;

Γ_a – грунтовые воды, формирующиеся за счет инфильтрации;

K – конденсация влаги;

$O_{\text{п}}$ и $O_{\text{г}}$ – отток поверхностных и грунтовых вод.

Все элементы водного баланса обычно исчисляются в миллиметрах слоя или в метрах кубических, отнесенных к единице площади орошаемой территории.

Следует отметить, что чем больше рассматриваемая территория и интервал времени,

тем проще уравнение водного баланса. Так, для отдельных территорий (например, бассейн реки) в общем виде оно записывается следующим образом:

$$\pm\Delta W = P - (E + O), \quad (3.11)$$

где O – отток поверхностных и грунтовых вод.

Интегрирующей характеристикой водного баланса почвы (на фиксированный момент времени) является *почвенная влажность (влагозапасы)*.

Растения в процессе многовекового естественного отбора приспособились к колебаниям почвенной влажности в течение вегетации и почти не реагируют на них снижением водопотребления и урожая, если эти колебания происходят в диапазоне, ограниченном верхним и нижним биологически оптимальными пределами. Данный факт выявлен давно, и к настоящему времени практически для всех сельскохозяйственных культур определены как верхняя, так и нижняя границы оптимальной влажности в корнеобитаемом слое почвы. Эти границы могут изменяться для одного и того же растения во времени и зависят главным образом от фазы развития, гранулометрического и химического состава почвы, сложения почвенных частиц, плотности, климатических и погодных факторов.

Водный режим почв характеризуется почвенной влажностью, глубиной расположения уровней грунтовых вод и интенсивностью обмена влагой между приземным слоем воздуха, корнеобитаемым слоем и нижележащими слоями почвы. Избыток воды в корнеобитаемом слое снижает поступление кислорода, вследствие чего в почве протекают анаэробные процессы. При недостатке кислорода в почве замедляется процесс минерализации органических веществ, так как избыток воды угнетает жизнедеятельность аэробных микроорганизмов, разлагающих органику. При этом снижается интенсивность обменных процессов между почвой и растениями, ухудшается их питательный режим. Переувлажнение снижает также несущую способность почвы, что препятствует ее механической обработке, увеличивая энергозатраты.

Влажные почвы более теплоемкие, имеют большую теплопроводимость, чем сухие. Они медленнее оттаивают и хуже прогреваются весной, что сокращает продолжительность вегетационного периода. При набухании связных почв снижается их водопроницаемость. Корневая система растений при высоком уровне стояния грунтовых вод не может развиваться вглубь и концентрируется в верхнем слое.

При удалении воды из почвы ее место занимает воздух. Поступление кислорода воздуха интенсифицирует микробиологический процесс, создавая для него аэробные условия. Это усиливает окисление (разложение) органического вещества, повышает обеспеченность растений минеральным азотом. Удаление избыточной влаги стимулирует проникновение растений в нижние слои почвы, что приводит к формированию более мощной корневой системы. Как правило, снижение содержания влаги в почве сопровождается повышением ее температуры, а это влияет на продолжительность теплого периода, увеличивая обеспеченность растений тепловыми ресурсами. И, наконец, повышается несущая способность почвы. Она становится пригодной для ведения сельскохозяйственных работ на протяжении всего вегетационного периода.

Несколько иная картина наблюдается на почвах при постоянном подпоре грунтовыми водами. Здесь влажность почвы существенно зависит от их положения. Поэтому в таких случаях, изменяя положение уровня грунтовых вод, можно осушить корнеобитаемый слой почвы до допустимой влажности.

Положение уровня грунтовых вод не остается постоянным во времени. Под воздействием атмосферных осадков возможно затопление поверхности почвы или подтопление корневой системы за счет подъема уровня грунтовых вод. При затоплении корневой системы нарушаются обменные процессы в растении, вследствие чего угнетается рост и снижается продуктивность культуры.

4. Режим осушения

В сельском хозяйстве под режимом осушения понимается целенаправленное изменение в пространстве (на осушаемой площади) и во времени (в течение года) водного режима почвы с целью создания в течение вегетационного периода в корнеобитаемом слое благоприятного водно-воздушного режима, не ограничивающего водопотребление возделываемых сельскохозяйственных культур и обеспечивающего условия для интенсивного земледелия.

С водным режимом почвы тесно связана тепловлагообеспеченность растений. Изменяя водный режим хорошо удобренных почв, можно активизировать биологическую активность почвы и поступление питательных веществ в растения, улучшать тепловой режим их надземных и подземных органов. При этом важное значение имеет обеспеченность корней воздухом. Для большинства почв минимальный объем воздуха в корнеобитаемом слое должен быть не менее 15–20 % от объема пор при возделывании трав и 20–35 % – при возделывании зерновых культур и корнеплодов. Это условие определяет допустимое содержание влаги в корнеобитаемом слое почвы. При выращивании трав максимально допустимая влажность составляет 80–85 % от пористости, а для зерновых и корнеплодов – 65–80 %.

Осушение переувлажняемых почв способствует улучшению остальных факторов жизни растений. Поэтому режим осушения должен быть таким, чтобы все факторы жизни растений изменялись в направлении к их оптимальным значениям.

Главным требованием, предъявляемым к режиму осушения, является создание таких условий в среде обитания растений, при которых обеспечивается получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур на мелиорируемых землях. Однако практическая реализация требуемого режима осушения часто сдерживается высокой стоимостью необходимых для этого мероприятий, ограниченными возможностями применяемых технологий производства строительных и эксплуатационных мелиоративных работ, необходимостью защиты природной среды от возможных негативных последствий мелиорации земель. К негативным последствиям осушения можно отнести обеднение биологического разнообразия ландшафтов, понижение уровня грунтовых вод на прилегающих территориях и т. п.

Выше было показано, что с водным режимом почвы тесно связаны ее пищевой и тепловой режимы. Изменяя водный режим, можно существенно регулировать поступление питательных веществ в растения и температуру их надземных и подземных органов. Очевидно, что для получения высоких урожаев необходимо добиваться оптимального сочетания этих режимов.

Осушительная система должна обеспечивать:

- проходимость сельскохозяйственной техники при выполнении полевых работ;
- влажность почвы в корнеобитаемом слое в вегетационный период для зерновых культур – от 55 до 75 %; овощей, картофеля и корнеплодов – 60–80 %; трав – 65–85 % полной влагоемкости;
- диапазон колебаний уровней грунтовых вод, необходимый для нормального развития растений в предпосевной и посевной периоды и в период летне-осенних затяжных дождей.

Для большинства почв минимальный объем воздуха в корнеобитаемом слое должен быть не менее 15–20 % от объема пор при возделывании трав и 20–35 % – при возделывании зерновых культур и корнеплодов. Это условие определяет допустимое содержание влаги в корнеобитаемом слое почвы.

В начале вегетации согласно требованиям сельскохозяйственных культур для растений необходима более высокая влажность. По мере роста корней, особенно на последних стадиях развития растений, она может быть существенно меньшей, чем в начале вегетации. Соответствующим образом должен изменяться и уровень грунтовых вод.

Требования к режиму осушения. В них нормативной глубиной (нормой осушения) называется расстояние от поверхности земли до уровня грунтовых вод, которое обеспечивает в корнеобитаемом слое осушаемых почв благоприятный водный режим и создает условия для эффективной реализации заданной системы земледелия с целью получения проектного урожая.

Норма осушения является основополагающим параметром при проектировании мелиоративных систем. Исходя из нее, с учетом метеорологических, гидрологических и гидрогеологических условий, устанавливается глубина осушительных каналов, рассчитываются расстояния между дренами и другие параметры мелиоративной системы.

Поддерживать заданную норму осушения на некотором участке в течение длительного времени весьма сложно. Сложность эта вызывается динамичностью (переменным режимом) составных элементов водного баланса. Соответственно параметры мелиоративной сети следует связывать не с жестко закрепленной нормой осушения, а с некоторым диапазоном допустимого колебания уровней грунтовых вод.

Диапазон уровней грунтовых вод, при котором с нижележащих почвенных слоев обеспечивается необходимое подпитывание корнеобитаемого слоя влагой в засушливые периоды вегетации и отведение в нижележащие слои излишков воды в периоды выпадения дождей, называется оптимальным диапазоном изменения уровня грунтовых вод (УГВ). Ширина этого диапазона в течение вегетации зависит от типа почвы, вида сельскохозяйственных культур и метеорологических условий.

При расчете расстояния между дренами норму осушения следует принимать:

а) в начале расчетного периода:

предпосевного – на уровне поверхности земли;

летне-осеннего – на 0,20 м меньше глубины заложения дрен;

б) в конце расчетного периода – на расчетном уровне залегания грунтовых вод в предпосевной или вегетационный период с учетом типа почв и сельскохозяйственного использования осушаемых земель (табл. 3.1 и 3.2).

Таблица 3.1. Наиболее безопасные диапазоны изменения УГВ (нормы осушения) для сельскохозяйственных культур, возделываемых на торфяных почвах, м

Сельскохозяйственное использование осушаемых земель	Норма осушения					
	в предпосевной период		в середине вегетационного периода			
			для торфянисто- и торфяно-глеевых почв		для торфяных почв	
	Расчетная	Допустимая	Расчетная	Допустимая	Расчетная	Допустимая
Сенокосные земли	0,4	0,6	0,6	1,0	0,8	1,2
Пастбищные земли	0,5	0,6	0,7	1,0	0,9	1,2
Зернотравяной севооборот с преобладанием зерновых	0,5	0,8	0,8	1,2	1,0	1,4
Зернотравяной севооборот с преобладанием трав	0,5	0,8	0,7	1,1	0,8	1,3

Таблица 3.2. Наиболее безопасные диапазоны изменения УГВ (нормы осушения) для сельскохозяйственных культур, возделываемых на минеральных почвах, м

Сельскохозяйственное использование осушаемых земель	Норма осушения					
	в предпосевной период		в середине вегетационного периода			
			для песчаных и супесчаных почв		для глинистых и суглинистых почв	
	Расчетная	Допустимая	Расчетная	Допустимая	Расчетная	Допустимая
Полевые севообороты	0,4	0,8	0,6	1,2	0,8	1,4
Кормовые севообороты с преобладанием трав	0,4	0,7	0,7	1,1	0,8	1,2
Кормовые севообороты с преобладанием пропашных	0,5	0,8	0,8	1,2	0,9	1,3
Пастбищные земли	0,4	0,7	0,7	1,0	0,8	1,1
Сенокосные земли	0,3	0,7	0,6	0,9	0,7	1,1

Сроки, в течение которых уровень грунтовых вод опускается до нормы осушения, следует принимать:

- в весенний период: под пахотные и пастбищные земли – 10 сут; под сенокосные земли – 15 сут;
- в летне-осенний период – по табл. 3.3.

Таблица 3.3. Сроки отвода избыточных вод

Сельскохозяйственное использование осушаемых земель	Сроки отвода избыточных вод			
	с поверхности и почвы	из пахотного слоя (до 0,25 м)	из корнеобитаемого слоя (до 0,5 м)	до нормы осушения
Полевые с озимыми	0,5	1,0	4,0	10
Полевые без озимых, кормовые, овощные	0,8	1,5	5,0	10
Пастбищные земли	1,0	2,0	5,0	10
Сенокосные земли	1,5	3,0	8,0	15

Сроки отвода избыточных вод в вегетационный период с поверхности земли и корнеобитаемого слоя во время дождевых паводков следует принимать по табл. 2.4.

Эти сроки (табл. 3.3 и 3.4) положены в основу расчета регулирующей осушительной сети, которая должна удалить избыток воды за указанное время.

Таблица 3.4. Допустимая продолжительность затопления многолетних трав весенними половодьями 10%-й обеспеченности

Вид луговых трав	Предельный срок затопления, сут
Клевер красный, клевер белый, овсяница красная, ежа сборная	10
Тимофеевка луговая, овсяница луговая, мятлик луговой, клевер розовый, люцерна	15
Лисохвост луговой, костер безостый, пырей ползучий	25
Полевица белая, мятлик болотный	30
Бекмания обыкновенная	40
Канареечник тростниковый	60