

Лекция №6

ТИПЫ ВОДНОГО ПИТАНИЯ ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

1. Водный баланс участка земли.
2. Водный режим корнеобитаемого слоя почвы.
3. Типы водного питания и причины избыточного увлажнения.

Вопрос 1

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 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:

$$P + Y_{\text{п}} + Y_{\text{в}} - X_{\text{п}} - X_{\text{в}} - E_{\text{в}} - E - M_{\text{от}} - M_{\text{сб}} + W_h + U_{\text{п}} + K_h - J_h = 0, \quad (6.1)$$

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;

$W_h = W_{hn} - W_{hk}$ – изменение влагозапасов в корнеобитаемом слое почвы толщиной h ;
 $W_{hn} - W_{hk}$ – влагозапасы этого слоя в начале и конце расчетного промежутка времени;
 U_n – 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 (6.1) водного баланса охватывает весь спектр факторов. В конкретных условиях осушаемого массива (рис. 6.1) многие составляющие этого уравнения или могут отсутствовать, или могут быть пренебрежимо малыми, в связи с чем уравнение водного баланса значительно упрощается.

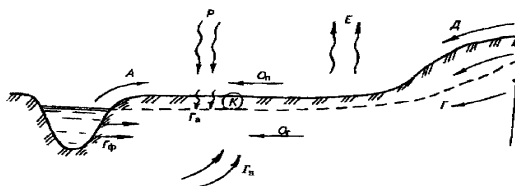


Рис. 6.1. Компоненты водного баланса осушаемой территории

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

$$\pm \Delta W = (P + A + D + G + G_n + G_\phi + G_a + K) - (E + O_n + O_r), \quad (6.2)$$

где A – аллювиальные воды;
 D – делювиальные воды;
 G – грунтовые воды, поступающие с водосбора;
 G_n – грунтово-напорные воды;
 G_ϕ – грунтовые воды, подпитываемые из реки водоемов;
 G_a – грунтовые воды, формирующиеся за счет инфильтрации;
 K – конденсация влаги;
 O_n и O_r – 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:

$$\pm \Delta W = P - (E + O), \quad (6.3)$$

где O – отток поверхностных и грунтовых вод.

Вопрос 2

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 влаго-

запасов 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.

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.

В качестве *верхней границы оптимальной влажности почвы* служит наименьшая влагоемкость, являющаяся одной из важнейших почвенно-гидрологических характеристик, без знания которой невозможно рациональное регулирование водного режима почв под всеми сельскохозяйственными культурами.

Вместе с тем следует знать, что верхний предел *биологически оптимальной влажности* определяется необходимым для корней минимумом содержания воздуха в почве, при котором появляются сквозные воздушные поры и обеспечивается интенсивная диффузия кислорода и углекислого газа. Подобные условия создаются для большинства почв при содержании воздуха в корнеобитаемом слое не ниже 15–20 % от объема. Доводить сознательно почвенные влагозапасы до такого высокого уровня не всегда оправдано, поскольку при данной влажности вода в почве может интенсивно передвигаться под действием собственного веса, что способствует большим ее потерям на инфильтрацию (при дождевании).

Нижний предел оптимальной влажности почвы связан не только с количеством доступной влаги, но и со скоростью ее передвижения. Условия для водного питания можно считать благоприятными лишь в том случае, когда приток влаги к всасывающей поверхности корней будет не меньшим, чем ее расход растением. Установлено, что процесс транспирации и накопления растительной массы регулируется до некоторого *критического (нижнего биологически оптимального) уровня почвенной влажности* погодой, а при дальнейшем понижении влажности – почвой. Оптимальный водный режим определяется равенством фактической и потенциальной скоростей транспирации. Таким образом, нижний предел биологически оптимальной влажности почвы зависит от индивидуальных особенностей растений и способности их корневых систем оперативно реагировать на изменения погоды. Именно поэтому в качестве нижнего биологически оптимального предела чаще используется так называемая *критическая влагоемкость (КВ)*. Этот показатель определяется состоянием самого растения и в то же время существенно зависит от почвенно-гидрологических условий – *влажности разрыва водных капиллярных связей в почве (ВРК)*.

От нижнего биологически оптимального следует отличать *нижний экономически обоснованный предел влажности почвы*. Данный предел определяется путем решения экономической задачи: при какой нижней границе регулирования почвенных влагозапасов можно получить максимальный доход с орошаемого сельскохозяйственного поля. Причем при ре-

шении задачи учитываются не только прибавка урожая, полученная от орошения, но и все затраты на полив.

В интервале от *влажности завядания* (ВЗ) растений до влажности, близкой к критической (соответствующей разрыву водных капиллярных связей в почве), растения могут существовать без видимых признаков угнетения, но продуктивность их остается на довольно низком уровне, резко повышаясь с увеличением количества влаги. В диапазоне от влажности разрыва капиллярных связей до наименьшей влагоемкости почвенная влага способна передвигаться в направлении источника ее поглощения, т. е. к корням растений, и относится к «динамически доступной».

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.

На тяжелых почвах переувлажняется в первую очередь пахотный слой. Например, во время снеготаяния почва обычно насыщается влагой полностью, вплоть до появления грунтовых вод в корнеобитаемом слое. Такое явление может иметь место также во время выпадения значительных осадков летом.

В связи с тем, что вертикальный влагообмен на тяжелых почвах незначителен, основой регулирования водного режима на них является организация (ускорение) поверхностного стока, а также перевод его в дренажный. Необходимая влажность здесь может достигаться после удаления избытка влаги из пахотного слоя за счет физического испарения и транспирации растениями. Процесс понижения влажности в корнеобитаемом слое на практике интенсифицируется такими приемами, как глубокое рыхление, кротование, а также другими мерами, способствующими перераспределению влаги по почвенному профилю.

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 ростовой процесс и снижается продуктивность культуры. Например, затопление весенними паводковыми водами посевов озимой пшеницы в течение трех суток снижает урожайность на 20–40 %, а при затоплении на 3–6 суток урожайность падает на 60–90 %. Если растения в воде находятся 7 суток и более, их урожайность снижается на 80 % и более. Поэтому продолжительность затопления допускается такой, чтобы она не повлияла существенно на развитие сельскохозяйственных культур. Подобная картина наблюдается и при частичном подтоплении корневой системы растений. Подтопление корневой системы капусты в период формирования качана на 2 суток снижает урожай на 19 %, в течение 5 суток – на 66 % и за 7 суток – на 74 %.

Вопрос 3

Типы водного питания переувлажненных земель являются обобщенной мелиоративной характеристикой, которая устанавливает основные источники, обуславливающие переувлажнение земель. Они синтезируют в себе климатические, геологические, гидрогеологические, геоморфологические, почвенно-литологические и другие условия местности и используются как обобщенный показатель, характеризующий путь поступления воды на переувлажняемую территорию.

Под типом водного питания (ТВП) понимают пути поступления воды на переувлажненные земли, зависящие от климатических, геологических, гидрогеологических, почвенных и других условий объекта. Этими условиями определяются основные составляющие водного баланса, вызывающие переувлажнение земель.

В зависимости от типа водного питания объекта устанавливают метод и способ осушения земель, а следовательно, и основные параметры осушительной системы.

По классификации, данной А. Д. Брудастовым, выделяют следующие типы водного питания земель: атмосферный, грунтовый (безнапорный), грунтово-напорный, склоновый (делювиальный), намывной (аллювиальный), смешанный (сочетание двух или нескольких приведенных выше типов). Иногда выделяют оросительный тип, результатом которого является избыток воды на объекте из-за неумеренного полива земель.

В связи с тем, что в природных условиях отделить один тип водного питания от другого сложно, определяющими являются процессы, преимущественно формирующие водный баланс (приход – расход воды) объекта. Например, атмосферные осадки накладываются на другие типы водного питания. Однако доля их по сравнению с другими может быть незначительной, а основной причиной переувлажнения являются другие ТВП. Правильное установление типа водного питания на объекте при изысканиях имеет большое значение. От него зависит выбор методов и способов осушения земель, а также требуемая конструкция осушительной системы.

При *атмосферном водном питании* основным источником избыточной влаги являются атмосферные осадки, выпадающие непосредственно на переувлажненную территорию. Этот тип водного питания характерен для земель, расположенных на плоских водоразделах, в верхних частях склонов с малыми уклонами поверхности земли и слабоводопроницаемыми почвами. Грунтовые воды обычно находятся глубоко и не имеют связи с верхними слоями почвы (рис. 6.2, а).

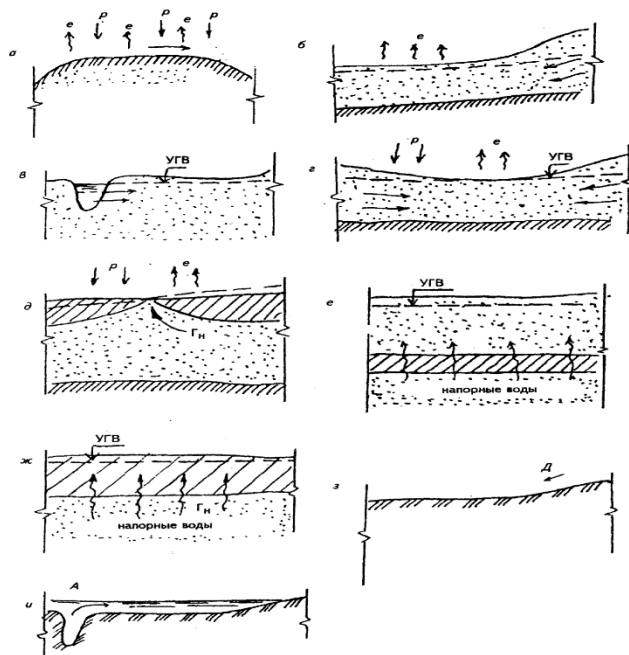


Рис. 6.2. Типы водного питания:

а – атмосферный; *б* – грунтовый с притоком воды со смежных территорий; *в* – то же со стороны водотока; *г* – бассейн грунтовых вод; *д* – грунтово-напорный с выклиниванием грунтовых вод; *е* – то же с подпитыванием грунтовых вод; *ж* – то же с капиллярным подпитыванием; *з* – склоновое; *и* – намывное.

При *грунтовом водном питании* высокое стояние уровня воды в грунте препятствует обработке земель и выращиванию сельскохозяйственных культур. В зависимости от того, как сформированы грунтовые воды на объекте, выделяют три подтипа этого водного питания.

Первый – приток грунтовых вод со смежных площадей. Поток грунтовых вод формируется за пределами объекта и, перемещаясь к нему, вызывает подъем уровней, способствуя переувлажнению территории (рис. 6.2, *б*).

Второй подтип – приток грунтовых вод из водохранилищ, рек при высоком стоянии в них уровней воды, препятствующих оттоку грунтовых вод с переувлажняемой территории (рис. 6.2, *в*). Такой подтип образуется в результате искусственного подъема уровня воды в водотоках и водоемах. Такими водами питаются также переувлажненные равнинные территории, расположенные около естественных водоемов.

К третьему подтипу относят водное питание от бассейна грунтовых вод. Оно присуще равнинным территориям, сложенным водопроницаемыми грунтами, которые с небольшой глубины подстилаются водоупорами. В пределах территории бассейн грунтовых вод формируется за счет инфильтрации атмосферных осадков через водопроницаемые грунты (рис. 6.2, *г*). Вода, достигая водоупора, приводит к повышению грунтовых вод до глубины, при которой усложняется ведение сельскохозяйственных работ. Положение грунтовых вод в значительной степени определяется водопотреблением растений, поэтому поверхность грунтовых вод иногда копирует поверхность земли. Переувлажненные земли с бассейном грунтовых вод чаще представлены песками, низинными торфяниками, реже – переходными и верховыми болотами. На верховых болотах и возвышениях основным поставщиком воды в бассейн являются атмосферные осадки.

При *грунтово-напорном водном питании* на переувлажненную территорию воды поступают по водоносному пласту, заключенному между слабоводопроницаемыми грунтовыми

слоями. Отличительным признаком напорного водного питания является наличие связи пьезометрического уровня грунтовых вод с геологическим строением грунтов.

Выделяют три подтипа грунтово-напорного водного питания. При первом подтипе напорные воды выходят на поверхность в виде восходящих родников через «окна», образующиеся в водоупорах (рис. 6.2, д). Если на верхнем водоупорном слое имеется переувлажненный слой с грунтовым водным питанием, то он может подпитываться за счет напорных вод через слабопроницаемую толщу (рис. 6.2, е). Третий подтип характеризуется переувлажнением слабОВОПРОНИЦАЕМЫХ почвогрунтов за счет капиллярного поднятия под напором грунтовых вод (рис. 6.2, ж).

Переувлажнение земель при *склоновом водном питании* (намывное делювиальное) происходит в результате поступления поверхностных вод со склонов водосбора, примыкающего к объекту осушения. Такое водное питание имеют заболоченные земли на склонах, сложенных слабОВОПРОНИЦАЕМЫМИ грунтами (рис. 6.2, з).

Если переувлажнение земель вызвано затоплением паводковыми водами, выходящими из берегов рек и озер, то такое водное питание называется намывным аллювиальным. Подобный ТВП характерен для речных и озерных пойм (рис. 6.2, и).

В пределах одного массива может быть несколько типов водного питания (смешанный тип). В данном случае при назначении необходимых мелиоративных мероприятий исходят из основного типа водного питания, определяемого на основе водного баланса переувлажненных земель.

Количественную оценку источников переувлажнения земель устанавливают на основании водного баланса данной территории, который определяют по уравнению, составленному для участков земли, ограниченных (в разрезе) поверхностью земли, нижней границей корнеобитаемого слоя, уровнем грунтовых вод или водоупором. При этом получают соответственно балансы поверхностных вод, подземных вод, зоны аэрации и территории в целом.

На территории Беларуси можно выделить два крупных региона с различающимися типами водного питания. На Полесье, имеющем равнинный рельеф, преобладает грунтовое водное питание, а глинистые, суглинистые почвы Витебской и северной части Минской областей чаще переувлажняются за счет атмосферных осадков.

Причины переувлажнения земель принято делить на две группы. Первая группа включает зональные причины, а вторая – местные.

К зональным причинам относится превышение атмосферных осадков над водопотреблением и связанное с этим соответствующее направление почвообразовательного процесса, снижающее водопроницаемость подпочвенных слоев. В свою очередь местные причины определяются конкретными условиями объекта.

Одной из главных местных причин является замедление стока поверхностных вод. Атмосферная вода, скапливаясь на пониженных местах рельефа, переувлажняет почву и создает условия для развития болотной растительности. Кроме того, из-за несвоевременного отвода атмосферных осадков уровень грунтовых вод может подниматься и, достигая корнеобитаемого слоя, изменять в неблагоприятном направлении водный, воздушный и питательный режимы. В условиях повышенной влажности почвы понижается содержание кислорода в почвенном воздухе и ухудшается потребление растениями питательных элементов.

При сложном рельефе с чередующимися понижениями и возвышениями также происходит перераспределение влаги в пространстве. Вода с холмов стекает в понижения, застаивается в них, переувлажняя почву и уменьшая ее несущую способность. В таких условиях местного переувлажнения сложно обработать землю и своевременно выполнить требуемые для сельскохозяйственных культур агротехнические мероприятия на полях севооборотов.

В зависимости от причин избыточного увлажнения на осушаемом массиве необходимо предусматривать:

– защиту от поступления поверхностных и грунтовых (грунтово-напорных) вод с прилегающей водосборной площади;

- защиту от затопления и подтопления паводковыми водами водоемов и водотоков;
- отвод поверхностного стока на осушаемом массиве;
- понижение уровней свободной поверхности грунтовых вод и пьезометрических уровней на осушаемом массиве.