

ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСУШИТЕЛЬНЫХ И ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ОПТИМАЛЬНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Осушение болот и заболоченных земель создает предпосылки для их интенсивного использования в сельском хозяйстве, получение же максимальных урожаев требует создания оптимального режима влажности почв. Установлено, что верхней границей влажности почвы следует считать предельную полевую влагоемкость (ППВ) или более высокую (в зоне капиллярной каймы), а нижней – влажность разрыва капилляров (или вблизи нее) (ВРК, по А.А. Роде). Границы оптимальной влажности зависят от вида сельскохозяйственных культур. В среднем для торфяных почв эти границы влажности имеют значения 75 и 80% от полной влагоемкости (ПВ) для полевых культур и несколько выше – для трав – 80 и 65% соответственно.

Мелиоративная система, которая способна постоянно удерживать в течение вегетационного сезона влажность в указанных пределах, будет способствовать получению высоких урожаев всех культур. Это не будет однако означать, что такая система вполне экономна в отношении расходования воды. В течение вегетационного сезона урожайность культур может не снижаться, если какое-то время влажность почвы будет меньше указанной границы, более того в случае переменной влажности можно получить максимальную урожайность [1]. В данном случае можно говорить о переменных границах оптимальной влажности. Однако полностью автоматизированных мелиоративных систем, управление которыми осуществляется датчиками влажности почвы для растений в любой момент времени, пока не существует. Управление мелиоративной системой упрощается, если предположить постоянными верхнюю и нижнюю границы оптимальной влажности почвы,

Влажность почвы в заданных пределах необходима от начала развития корневой системы до созревания урожая. Однако урожай зависит не только от вегетационного периода разви-

тия культуры, а от всего полевого сезона, в который включаются период весенних полевых работ, период сева, вегетации, уборки и вывоза урожая; полевой сезон длиннее вегетационного, но короче, чем теплый период для большинства культурных растений.

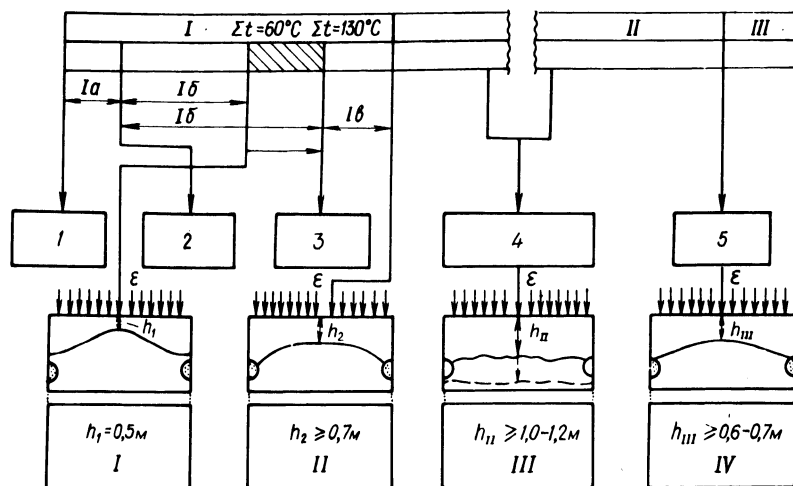


Рис. 1. Схема расчленения полевого сезона на периоды и подпериоды: 1 - дата устойчивого схода снега; 2 - начало предпосевного периода; 3 - начало посевного периода; 4 - вегетационный период; 5 - начало осеннего периода; I - устойчивое понижение УГВ (ϵ_{IA}); II - замедленное понижение УГВ (ϵ_{IB}); III - период глубокого стояния УГВ (ϵ_{II}); IV - период осеннего подъема УГВ (ϵ_{III}).

Началом полевого сезона можно считать устойчивую дату схода снега. По предложению А.И. Ивицкого [2] эта дата является исходной для назначения срока сева. Датой начала посевного периода можно считать календарную дату, к которой сумма положительных среднесуточных температур воздуха достигает 130°C . Выделяется также так называемый предпосевной период, начало которого можно найти, отсчитав 7-10 дней назад от даты начала посевного периода.

Таким образом, весь полевой сезон можно разделить на три резко различающихся периода по своим функциям в отношении формирования урожая культур: I - предпосевно-посевной период - от даты схода снега до конца весенних посевных работ; II - вегетационный период - период вегетации культур до начала уборки урожая; III - осенний уборочный период - период уборки и вывоза урожая (рис.1).

Рассмотрим первый период – предпосевно–посевной, Дли – тельность этого периода неодинакова для различных культур и определяется сроками посева (посадки) культур. Его специфическая особенность заключается в том, что в этот период в поле нет растений, а рассада еще без развитой корневой системы, за исключением озимых культур, которые имеют к этому времени слаборазвитую корневую систему, и трав. В первый период в основном происходит формирование запасов влаги в почве.

Предпосевно–посевной период разделяется на следующие подпериоды: Ia – послепагодковый (в работе [3] послепагодковым назван весь предпосевной период), который длится от даты схода снега до начала предпосевного; Ib – предпосевной – от конца послепагодкового до начала посевного; Iv – посевной.

Предпосевно–посевной период – наиболее важный для расчета мелиоративной системы, работающей в режиме сброса избыточной воды (осушение). Послепагодковый подпериод довольно короткий, в среднем 3 – 4 суток. Для некоторых условий этот подпериод выделять не требуется, поскольку отсутствует поверхностный сток (например, при малой степени разложения глубоководного торфа). Если этот подпериод выделяется, то в расчете ему отводится роль подготовительного для освобождения поверхности территории от слоя талой воды, а также освобождения придонной части каналов от снега, т.е. его следует считать подготовительным к устойчивому понижению уровня грунтовых вод. Уровень грунтовых вод (УГВ) устанавливается у поверхности земли или в непосредственной близости от нее. Однако при малоснежной зиме повторяющихся плюсовых температурах УГВ может находиться на достаточно большой глубине (50–60 см) [4, 5].

Предпосевной подпериод характеризуется устойчивым понижением УГВ. В этот подпериод идет снижение УГВ при временной инфильтрации весенних осадков в почву, причем снижение УГВ происходит при наиболее высоких напорах. К концу предпосевного периода и началу посевного необходимо такое понижение УГВ, при котором на полях беспрепятственно могла бы работать сельскохозяйственная техника. Такая глубина до УГВ в работе [3] названа “машинной” нормой осушения. Эта глубина должна быть не менее 50 см [5, 6, 7 и др.]. Это снижение УГВ должно произойти за 5–7 суток. Таким образом, после даты схода снега в течение 8–11 суток должен быть ликвидирован поверхностный сток, а УГВ понижен до

"машинной" нормы осушения, однако в расчете учитываются только 5-7 суток интенсивного понижения УГВ, поскольку первые 3-4 суток составляют подготовительный период освобождения от возможного поверхностного стока по неоттаявшей почве.

Что касается даты установления начала посевного периода для условий Белоруссии, то в работе [4, с. 28] В.Ф. Шебеко указывает, что дату начала посевного периода можно не фиксировать строго определенной датой гидрографа, как это имеет место в случае весеннего максимума. Тем не менее, для таких зерновых культур, как овес, ячмень ранние сроки более предпочтительны. Ранние сроки посева при благоприятных погодных условиях посевного периода приводят к наиболее высоким урожаям таких культур, как овес, ячмень [8]. В связи с этим желательно понизить УГВ за небольшой промежуток времени на глубину не менее 0,5 м с тем, чтобы начать в более ранние сроки весенние полевые работы.

Исследования [9-11] показывают, что в третьей декаде апреля уровень грунтовых вод должен находиться на глубине 0,7-0,8 м [7,12]. Разумеется, посев и посадка некоторых культур производится позже (например, картофеля) Однако в севообороте следует ориентироваться на более ранние сроки сева зерновых.

Дальнейшее снижение УГВ идет замедленно и неравномерно из-за малых напоров и проникновения атмосферных осадков, задерживающих или прекращающих на некоторое время снижение УГВ.

Второй период - вегетационный продолжается до начала осенних уборочных работ. В этот период глубокое положение УГВ (без шлюзования) сказывается на влажности корнеобитаемого слоя весьма ограничено.

В вегетационный период в годы засушливые и даже средние по осадкам возникают дефициты влажности в корнеобитаемом слое. Этот период в свою очередь можно разделить на периоды весьма важные в отношении формирования урожайности. Такое членение вегетационного периода предложено Г.И. Лашкевичем [13]. Это членение должно играть существенную роль при проектировании увлажнительных мероприятий на осушенных землях.

Третий период - период осенних уборочных работ - следует считать от даты начала уборки поздних культур, когда выпада-

ют осенние осадки, вызывающие подъем уровня грунтовых вод. Уборка ранних культур и озимых производится при достаточно низких УГВ.

Таким образом, в предпосевно-посевной период при расчете осушительных систем следует ориентироваться на культуры раннего сева, а в третий - на поздние, поскольку такой подход обеспечивает (без дополнительного увлажнения) равные возможности выращивания и сохранения хороших урожаев.

Членение полевого сезона на три периода позволяет сделать следующий вывод: урожайность культур при прочих равных условиях зависит от влажности почвы, но влажность почвы в первый и третий периоды обеспечивается уровнями грунтовых вод, а во второй - балансом приходных и расходных статей влаги. По этим причинам расчет параметров осушительных систем должен основываться на регулировании уровней грунтовых вод в первый и третий периоды и на непосредственном регулировании влажности почвы во второй период. При проектировании увлажнительных мероприятий первый и третий периоды (в качестве контроля) становятся граничными условиями для уравнения водного баланса поля на второй период. Покрытие дефицитов во второй период производится различными техническими средствами (шлюзование, дождевание) и обосновывается экономически.

В предпосевной подпериод когда преобладают наибольшие напоры по отношению к отметке заложения дрен, УГВ снижается устойчиво при одновременной инфильтрации весенних осадков. Снижение УГВ до 0,5 м от поверхности земли будем считать устойчивым водопонижением. Для расчета расстояний между дренами в этот подпериод необходимо применять формулы неустановившегося движения грунтовых вод [14,15]. Имея в виду случай подъема УГВ до поверхности земли в период снеготаяния время понижения необходимо принять равным 5 - 7 суткам.

В посевной подпериод при малых напорах снижение УГВ замедленное, часто прерываемое кратковременными подъемами УГВ (при интенсивном выпадении осадков). Расчет расстояний по формулам неустановившегося движения в это время не имеет смысла, поскольку понижение УГВ неустойчиво, а время понижения установить практически невозможно. Расчет расстояний между дренами (каналами) на этот подпериод следует производить по формулам установившегося движения при интенсивности инфильтрации ϵ_{IB} . Этот расчет следует полагать пове-

рочным, учитывая что УГВ в это время должен быть не выше 0,7 м.

Вторым поверочным расчетом следует считать расчет по формулам установившегося движения грунтовых вод в период осенних полевых работ. Обобщение С.Ф. Аверьянова [11], основанное на данных Н.Ф. Лебедевича [9] и А.И. Ивицкого [10], определяет положение УГВ на глубине менее 0,7–0,8 м. По времени этот расчет должен относиться к концу сентября, началу октября. Хотя в это время развитие корневой системы не лимитирует УГВ (период уборки), последний из-за осенних осадков должен находиться на достаточно большой глубине.

Расстояния между дренами (каналами) по формулам установившегося движения (весна, осень) будут различными из-за разных значений интенсивности инфильтрации осадков ($\varepsilon_{IV} \neq \varepsilon_{III}$). Эти расчеты должны производиться по формулам, учитывающим сопротивления в придренной зоне и в стыках (или перфорации) дрен [16]. Затем необходимо выбрать наименьшее расстояние, имея в виду наиболее неблагоприятный случай.

Расчет расстояний между дренами (каналами) на второй период по формулам не имеет смысла, так как при глубине закладки дрен от 0,9 до 1,5 м напоры в междуренье по отношению к отметке заложения дрен малы и кривая депрессии в большинстве случаев не имеет математически гладкой (выпуклой) формы [17]. Часто в этот период УГВ находится на глубине закладки дрен, а в отдельные засушливые годы ниже [18, 19], что подтверждается воднобалансовыми расчетами.

Во второй период подъем УГВ на высокие отметки практически исключен, несмотря на возможное выпадение осадков ливневого характера. Тем не менее, если ливневые осадки и могут поднять УГВ, то устойчивое понижение начинается обычно с отметок меньших, чем в предпосевной подпериод. Если принять рекомендации [20] понижать УГВ в течение четырех суток, то практически расстояния между дренами оказываются не менее рассчитываемых на предпосевной подпериод. Однако, если все-таки опасность подъема УГВ от ливневых осадков существует, то (в очень редких случаях) можно произвести поверочный расчет по формулам установившегося движения.

Изложенный порядок расчета осушительных систем применим и в том случае, когда начало полевого сезона устанавли-

ливается не по дате схода снега, а по температуре воздуха или почвы.

В данной схеме расчета мелиоративной системы тип водно-го питания учитывается при расчете расстояний между дренами.

Во второй период – (вегетационный) на мелкозалежных торфяниках (преимущественно) [21–23] и на минеральных землях [24] необходимо увлажнение почвы. Способы увлажнения могут быть различны: предупредительное, увлажнительное шлюзование или дождевание.

Предупредительное шлюзование следует применять, очевидно, для замедления скорости снижения УГВ, начиная от глубины 0,5 м. Увлажнительное шлюзование имеет существенные недостатки: большой объем воды и инерционность увлажнения. Инерционность проявляется в медленном подъеме УГВ. Практически увлажнение этим способом можно осуществить 2 раза (редко 3) за период. Условия применения систем увлажнения, использующих элементы осушительной сети, описаны в работах [20–25].

Наиболее совершенным, но и дорогостоящим является увлажнение дождеванием. В условиях Белоруссии увлажнение дождеванием пока оправдано для орошения овощей, пастбищ и лугов [26].

Обнаружение дефицита влаги в корнеобитаемом слое (0,5 м) возможно в результате подекадного расчета по воднобалансовому методу на расчетный год. Первым граничным условием для воднобалансового расчета является начальная влажность корнеобитаемого слоя. Начало расчета следует отнести к концу предпосевного периода, когда УГВ опустится на глубину 0,5 м (подпериод 16). В это время влажность корнеобитаемого слоя с высокой степенью надежности можно считать равной предельной полевой влагоемкости (ППВ) (или наименьшей влагоемкости НВ). Подсчеты дефицитов влаги в корнеобитаемом слое по методике, предложенной В.Ф. Шебеко [4], позволяют определить режим увлажнения на вегетационный период. Подпитывание корнеобитаемого слоя со стороны грунтовых вод учитывается приходной статьей балансового уравнения и зависит от положения УГВ.

Таким образом, мелиоративная система гумидной зоны имеет два вида регулирования влажности – отвод избыточной воды и подачу недостающей.

Первый вид регулирования влажности почвы тесно связан со своевременным понижением УГВ. Если система запроектирована в точном соответствии с режимом понижения УГВ по периодам (I, II, III), но без увлажнения, то можно считать, что на мелиорируемой территории хорошо отрегулирован режим осушения почвы. На таких землях получают высокие урожаи только во влажные годы. Почве, обслуживаемой такой системой, можно приписать высший балл качественной оценки [27] на богарных землях.

Если мелиоративная система включает и способ увлажнения (дождеванием), то можно считать, что на этой территории полностью отрегулирован режим влажности почвы. Оценочный балл почвы при этом повышается. Например, торфяно-болотные маломощные почвы оцениваются по принятой в БССР методике в 74 балла, что соответствует средним многолетним урожаям зерновых культур 19 ц/га. Увлажнение увеличивает урожайность, следовательно, возрастает оценочный балл почвы. Это естественно, поскольку улучшение водного режима соответствует увеличению плодородия почвы.

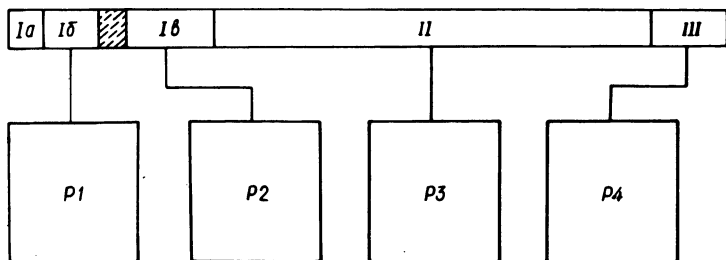


Рис. 2. Схема инженерного расчета мелиоративной системы по периодам: P1 - ϵ_{Ia} , $h=0,5$ м, $t=5-6$ сут; P2 - ϵ_{Ib} , $h=0,7$ м, $t=\infty$; P3 - режим увлажнения; P4 - ϵ_{III} , $h=0,6-0,7$ м, $t=\infty$.

Расчет элементов осушительно-увлажнительной мелиоративной системы по периодам представлен в виде схемы (на рис. 2). Согласно этой схеме необходимо произвести четыре вида расчетов: P1 - расчет расстояний между дренами (и других параметров) по формулам установившегося движения грунтовых вод; при интенсивности инфильтрации осадков ϵ_{Ia} в течение $t=5-7$ суток понизить УГВ на глубину $h_1 = 0,5$ м от поверхности земли; P2 - проверочный расчет расстояний между дренами по формулам установившегося движения при ϵ_{Ib} и $h_2 = 0,7$ м; P3 - расчет дефицитов влаги по балансовому ме-

тоту и определение режима орошения; Р4 – поверочный расчет расстояний между дренами по формулам установившегося движения при ϵ_{III} и $h_{III} = 0,6 - 0,7$ м.

Подъем УГВ в осенний период не должен препятствовать уборочным работам, однако за пределами срока уборки (в более поздний период) УГВ может подняться до глубины, меньшей 0,6 м. Если предположить, что подъем происходит с глубины 110 – 120 см до 60 см, то этот подъем на 50 – 60 см должен произойти (при работающем дренаже) за время t_{III} , т.е. за время уборки (и вывозки) урожая. Если это время можно установить достаточно точно, то такой вид расчета следует считать альтернативным к расчету по формулам установившегося движения. Такой расчет можно произвести по формулам С.Ф. Аверьянова [14] или А.Я. Олейника [15].

Отметим также, что в схеме расчета осушительной системы по периодам и подпериодам нормы осушения зависят от режима осушения и существенно сказываются на расчете только в предпосевной и осенний периоды.

Сравнение вариантов строительства систем с различными способами увлажнения возможно в том случае, если (при равном количестве продукции) параметры мелиоративных систем будут рассчитаны как оптимальные. Если же сравнивать одну систему с оптимальными параметрами, а другую с отклоняющимися от оптимальных, то сравнение вариантов не позволит выявить лучший из них.

При определении режима орошения существенную роль играет нижняя граница влажности. Установив, что оптимальный диапазон влажности находится в пределах 80 – 60% от ПВ (включая и травы), мы тем самым исключаем из рассмотрения вопрос о влажности почвы. Однако нижняя граница влажности может быть и иной. Если рассматривать весь диапазон влажности от коэффициента завядания (ВЗ – влажности завядания) до ППВ, то в отношении к культурам выделяют (А.А. Роде) три уровня: ППВ, ВЗР (влажность замедленного роста, примерно равная влажности разрыва капилляров – ВРК) и ВЗ (рис. 3). Режим орошения культуры зависит от принятой нижней границы влажности.

На рис.3 показано, как изменяется количество поливов и норма орошения в зависимости от того, какая влажность принята за нижнюю границу: два полива при влажности, близкой к ВЗ, и пять поливов при ВЗР. Нижняя граница оптимальной

влажности обычно устанавливается по урожайности культур; для мелкозалежных торфяников нижний предел влажности определен в работе [28] по урожайности трав. Полагая, что урожайность остается постоянной для диапазона влажностей ППВ-ВЗР, выделим еще два диапазона: ВЗР-УВ₁ и УВ₁-ВЗ (рис.3). Если принимать за нижнюю границу влажности не ВРЗ, а промежуточный уровень УВ₁ или близкий к ВЗ УВ₂, то будет изме-

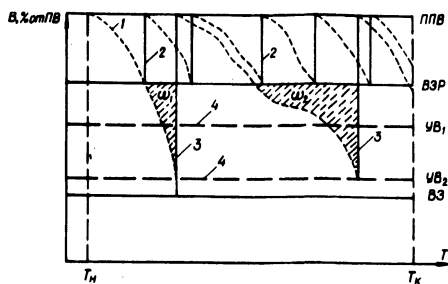


Рис. 3. Ход регулируемой влажности при различных границах увлажнения: 1 — изменение влажности почвы при поливах от начала (T_n) до конца (T_k) поливного периода; 2 — поливы при нижней границе влажности почвы; 3 — то же при влажности, близкой к ВЗ; 4 — промежуточные уровни влажности почвы.

няться режим орошения, урожайность культуры и затраты на орошение. Промежуточных уровней можно выделить несколько, однако для нешироких диапазонов влажности трудно получить достоверные данные об уменьшении урожайности.

Способы увлажнения также оказывают влияние на выбор нижней границы влажности почвы.

Технический расчет параметров осушительно-увлажнительной системы по периодам полевого сезона позволяет определять параметры технически возможные, а не экономически целесообразные. При техническом расчете поставленные задачи осушения и увлажнения могут быть решены при различных сочетаниях параметров (при различных расстояниях между дренами, глубине их закладки, уклонах, режимах орошения и т. д.). При совмещении технического расчета с экономическим можно найти единственный экономически целесообразный вариант в данных условиях и вычислить оптимальные параметры системы. Оптимизационные расчеты обычно основываются на отыскании таких параметров системы, при которых приведенные ежегодные издержки по системе будут минимальными.

Для расчета оптимальных параметров осушительно-увлажнительных систем можно записать функцию цели в следующем виде

$$\bar{P}_{\ominus} = \frac{\sum K_{oi} \eta_{oi}}{F_{oc}} + \frac{\sum K_{ок} \eta_{ок}}{F_{oc}} + \frac{\sum P_{оп}}{F_{oc}} + \frac{\sum K_{от} \eta_{от}}{F_{oc}} + \frac{\sum P_{oi}}{F_{oc}} + \frac{\sum y_{oj}}{F_{oc}}, \quad (1)$$

где \bar{P}_{\ominus} - удельные ежегодные затраты по осушительно-увлажнительной системе (на 1 га); $\sum K_{oi}$ - сумма капитальных вложений на устройство дренажа, зависящая от длины дрен и глубины их закладки; $\sum K_{ок}$ - сумма капитальных вложений на устройство всех видов проводящей сети каналов и коллекторов; $\sum P_{оп}$ - сумма всех видов эксплуатационных затрат по всем элементам осушительной сети; $(\eta_{oi} + E)$, $(\eta_{ок} + E)$ - доли амортизационных отчислений по всем элементам дренажа и проводящей сети; E - нормативный срок окупаемости капитальных вложений; $\sum K_{от}$ - сумма капитальных вложений на устройство всех элементов оросительной сети и поливной техники; $(\eta_{от} + E)$ - доли амортизационных отчислений по всем элементам оросительной сети и поливной техники и нормативный срок окупаемости; $\sum P_{oi}$ - сумма эксплуатационных затрат по всем элементам оросительной сети и поливной техники; F_{oi} - площадь осушения, зависящая от расстояний между дренами; общая площадь осушения должна совпадать с площадью орошения; $\sum y_{oj}$ - сумма функций, которые определяют ущербы (в денежном выражении) при изменении параметров системы.

Следует отметить, что в приведенные удельные затраты \bar{P}_{\ominus} входят только те капитальные вложения и эксплуатационные затраты, которые зависят от выбранных параметров эксплуатационной системы, оптимальные значения которых вычисляются.

Функция цели (1) может, однако, распадаться на две или более функций, не зависящих друг от друга. Например, мелиоративная система включает следующие сооружения: материальный дренаж на пастбище и орошение пастбища ДМ "Фрегат", с забором воды из водохранилища, расположенного вне осушаемой территории. Очевидно, что в данном случае на территории размещено два типа мелиоративных сооружений со своими функциями - осушительной системы и оросительной. В этом случае расстояние между дренами совершенно не зависит от сооружений оросительной сети и вычисление этого расстояния следует производить только для осушительной сети.

Примером системы, для которой сохраняются все слагаемые функции (1), является система двойного регулирования влажности, осуществляемая материальным дренажем.

Рассмотрим сначала вопросы возможной оптимизации параметров только осушительной системы по периодам полевого сезона.

При понижении УГВ в предпосевной период до глубины 0,5 м по формулам неустановившегося движения рассчитывается расстояние между дренами. Если необходимо понизить УГВ за более короткий промежуток времени (меньше 5 – 7 суток), получаем меньшее расстояние между дренами. Тогда повысится надежность снижения УГВ и в очень влажные весенние месяцы, одновременно уменьшится вероятность запаздывания со сроком посевных работ. Однако уменьшение расстояния между дренами приведет к увеличению стоимости дренажа. Если при расчете брать большее количество дней, то получим большее расстояние между дренами и меньшую его стоимость. Но увеличение количества дней, принятых в расчете, увеличит вероятность запаздывания с началом сева и других полевых работ. Запаздывание же со сроком сева приводит к снижению урожайности культур раннего сева (овса, ячменя, яровой пшеницы и др.). Можно допустить некоторые снижения урожая, снизив тем самым стоимость дренажа. Однако здесь необходимо найти такой оптимальный вариант расстояний между дренами, чтобы приведенные затраты по дренажу были минимальными.

В этом случае формируется функция ущерба, определяющая стоимость потерянного урожая от запаздывания со сроком сева [29]. Функция ущерба суммируется с другими членами функции цели. Нахождение минимума затрат по функции цели позволяет найти оптимальное расстояние между дренами на предпосевной подпериод [30].

Функцию ущерба можно также записать и для периода осенних полевых работ. Учитывая, что нормальная работа на полях возможна при глубине УГВ 0,6 м от поверхности земли, предполагаем, что при меньшей глубине УГВ работа будет затруднена. Это оценивается как ущерб, связанный со снижением урожайности или с увеличением стоимости полевых работ. Допущение некоторого ущерба приведет к увеличению расстояний между дренами и снижению стоимости дренирования.

В вегетационный период возможно формирование функций ущерба по избытку (U_{31}) и по недостатку (U_{32}) увлажнения. Если принятое расстояние между дренами приводит к подтопле-

нию корневой системы культур, которое снижает урожайность, то возникает ущерб, который учитывается в денежной форме функцией Y_{31} . Как правило, расстояния между дренами, принятые по расчету на весенний и осенний периоды, не создают таких подъемов УГВ в летний период, при которых происходит снижение урожаев от переувлажнений, поэтому функция Y_{31} обычно равна нулю.

Для осушительно-увлажнительных систем функция Y_{32} должна формироваться всегда. Собственно, функция ущерба (Y_{32}) по недостатку влаги определяет расчет оптимальных параметров осушительно-увлажнительных систем. Эта функция ущерба будет учитывать снижение урожая (или балла бонитета почвы) за счет выхода кривой влажности почвы за оптимальные границы. На рис.3 показаны (заштрихованы) области выхода влажности за пределы оптимального диапазона (ППВ-ВЗР). Такие площади (ω_i) характеризуют продолжительность пониженной влажности и глубину недоувлажнения. Сумма этих площадей ($\sum \omega_i$) имеет связь с урожайностью, т.е. потеря урожайности есть функция суммы площадей ω_i . Эта зависимость коррелятивная, поскольку не учитывает критические периоды развития культур, в которые необходима оптимальная влажность почвы. Покрываются дефициты влажности почвы в результате проведения увлажнительных мероприятий и стоимость этих мероприятий определяет функцию ущерба для осушительно-увлажнительной системы.

Функции ущерба осушительно-увлажнительных систем зависят от промежуточных уровней влажности ($УВ_i$). Следовательно, при расчете оптимальных параметров осушительной системы по функции (1) затраты на увлажнительные мероприятия учитываются функциями ущербов.

Если элементы осушительной системы используются для увлажнения, то возможны такие объективные условия, при которых подъем УГВ не удовлетворяет требованиям регулирования влажности в заданном диапазоне. Это может происходить по нескольким причинам, главные из которых следующие: а) при двучленном строении геологического профиля подъем УГВ начинается из нижнего водоносного слоя в верхний, менее водопроницаемый; б) подъем начинается с относительно высоких отметок и происходит при значительно меньших напорах, чем осушение той же системой дрен; в) большое несовпадение величин водоотдачи (при понижении УГВ) и недостатка насыщения (при повышении УГВ).

В этом случае расчет может производиться по условиям увлажнения, а функции ущерба будут учитывать условия осушения. Функцию цели тогда можно использовать в записи (1), однако следует иметь в виду, что площадь F будет теперь вычисляться из условия увлажнения $F_{ув}$. Капитальные затраты по многим элементам осушительной и увлажнительной сети будут общими.

Системы двойного регулирования влажности должны производить увлажнение корнеобитаемого слоя достаточно быстро. Если это увлажнение производится медленно в течение многих дней, то ухудшается воздушный, температурный режимы почвы, в результате урожайность культур снижается. В связи со скоростью увлажнения можно сформировать функцию ущерба, выражающую потерю урожая от несвоевременного увлажнения и ухудшения режимов почвы.

Таким образом, функция цели (1) в общем случае выражает приведенные затраты по мелиоративной системе, а функции ущерба будут изменяться в зависимости от принципа, положенного в основу расчета – осушения или увлажнения.

Одной из функций ущерба может быть функция, учитывающая влияние осушенной территории на прилегающие земли. Эта функция выражает ущерб (например, потерю урожая) в связи с глубиной понижения УГВ на осушаемой территории. Ущерб будет зависеть от двух факторов: от глубины заложения дрена (h) и скорости снижения УГВ, поскольку скорость снижения сказывается на запасах влаги на прилежащих территориях. Так как скорость снижения УГВ определяется расстоянием между дренами (B), то функция ущерба зависит от двух (главных) переменных $Y_{I-II} = f(h, B)$ и выражает стоимость потерянного урожая (и других убытков) на прилежащих землях.

Ущерб несельскохозяйственного происхождения (от падения УГВ в колодцах, обмеления рек, появления развеваемых песков и др.) может зависеть и от параметров дренажа, и от общего (в годовом разрезе) снижения УГВ на осушаемой территории. При достаточном количестве данных возможно формирование функций ущербов несельскохозяйственного происхождения.

Возможно формирование функции ущерба по дефициту воды в речном бассейне, если дренажная вода не используется в данном бассейне, а безвозвратно сбрасывается за его пределы.

Если покрытие дефицитов влажности осуществлять путем проведения мелиоративных мероприятий, не имеющих отношения к параметру осушительной системы (например, к расстоянию между дренами), то расчет оптимальных параметров осушительной и оросительной систем (обслуживающих одну и ту же площадь) производится раздельно и минимальные затраты (при оптимальных параметрах) затем суммируются.

Р е з ю м е

Расчленение полевого сезона на периоды и подпериоды необходимо для обоснования расчета как осушительной сети, так и увлажнительных мероприятий на мелиоративной системе; помогает упорядочить расчет режима осушения и режима увлажнения.

Технико-экономический расчет оптимальных параметров может производиться из условий осушения и из условий увлажнения (в вегетационный период), а все изменения и особенности других периодов учитываются функциями ущерба.

Л и т е р а т у р а

1. Закржевский П.И., Шебеко В.Ф. Динамика влажности почвы и урожай. - "Вестник сельскохозяйственной науки", 1972, № 4. 2. Ивицкий А.И. Предпосевной период и предпосевно-посевной сток в условиях БССР. - "Труды ВНИИЕХ", т. 1. Минск, 1938. 3. Гейтман Б.Г., Писарьков Х.А. Осушение сельскохозяйственных земель. М.-Л., 1955. 4. Шебеко В. Ф. Гидрологический режим осушаемых территорий. Минск, 1970. 5. Шебеко В.Ф. Расчеты режима увлажнения при проектировании осушения заболоченных территорий. - В сб.: Увлажнение осушаемых земель. М., 1974. 6. Закржевский П.И. Начало посевного периода при мелиорации болот Белоруссии. - В сб.: Мелиорация и использование осушенных земель. Т.ХУ. Минск, 1967. 7. Свиклис П.Б. О нормах осушения избыточно-увлажненных земель. - В сб.: Режим осушения и методика полевых научных исследований. М., 1971. 8. Барсуков А.И., Новик И.Н., Моховиков Г.А. Сроки сева ячменя на торфяных почвах. - В сб.: Мелиорация мелкозалежных торфяников белорусского Полесья. Минск, 1972. 9. Лебедевич Н.Ф. Водный режим торфяно-болотных почв и урожай сельскохозяйственных культур. - "Труды Ин-та мелиорации, водного и болотного хозяйства". Т.5, Минск, 1954. 10. Ивицкий А.И. Исследование норм осушения болот. - "Труды БелНИИМиВХ." Минск, 1958.

11. Аверьянов С.Ф. Об осушении низинных болот. - "Научные записки МИИВХ", 1957, т.19.
12. Головкин Д.Г. Влияние режима осушения на основные факторы роста и развития сельскохозяйственных культур. - В сб.: Режим осушения и методика полевых научных исследований.
13. Лашкевич Г.И. Водопотребление культурных растений на торфяных почвах. - "Гидротехника и мелиорация", 1975, №4.
14. Аверьянов С. Ф. Расчет понижения и подъема грунтовых вод при осушении системой каналов (дрен). - "Гидротехника и мелиорация", 1957, №12.
15. Олейник А.Я. Неустановившаяся фильтрация в условиях работы несовершенных каналов и дрен. - В сб.: Мелиорация и водное хозяйство. Вып. 11. Киев, 1969.
16. Мурашко А.И. Горизонтальный пластмассовый дренаж (расчеты и строительство). Минск, 1973.
17. Шкиннис Ц.Н. Проблемы гидрологии дренажа. Л., 1974.
18. Маслов Б.С. Режим грунтовых вод переувлажненных земель и его регулирование. М., 1970.
19. Ивицкий А.И. О проектировании осушительно-увлажнительных систем на болотах Полесья. - В сб.: Увлажнение осушаемых земель. М., 1974.
20. Циприс Д.Б. Орошение в нечерноземной зоне. М., 1973.
21. Марков Е.С. Мелиорация пойм нечерноземной зоны. М., 1973.
22. Янголь А.М. Двустороннее регулирование влажности при осушении. М., 1970.
23. Зубец В.М. Реконструкция гидромелиоративных систем. Минск, 1966.
24. Зайдельман Ф.Р. Режим и условия мелиорации заболоченных почв. М., 1975.
25. Волковский П. А. Эксплуатация осушительных систем (пособие для разработки курсовых и дипломных проектов). М., 1971.
26. Лыч Г.М. Эффективность мелиорации. М., 1975.
27. Медведев А.Г. и др. Качественная оценка земель в колхозах и совхозах БССР. Минск, 1971.
28. Михальцевич А.И. и др. Нижний предел оптимальной для многолетних трав влажности мелкозалежных торфяников. - В сб.: Мелиорация мелкозалежных торфяников белорусского Полесья. Минск, 1972.
29. Минаев И.В. Технико-экономический расчет оптимальных параметров дренажа. - В сб.: Водное хозяйство Белоруссии. Вып. 1. Минск, 1971.
30. Минаев И.В. Проектирование дренажных систем с оптимальными параметрами. - "Гидротехника и мелиорация", 1974, №9.