

АНАЛИЗ ПРИЧИН СНИЖЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ОПЫТА ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

А. И. Митрахович¹, кандидат технических наук

Е. А. Давыдов¹, начальник производственного участка

И. Ч. Казмирук², кандидат технических наук

¹РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

Аннотация

Представлен обзор причин ухудшения эффективности осушительных мелиораций в различных природных условиях в Беларуси и за рубежом. Указываются условия, при которых происходит снижение интенсивности действия мелиоративных систем (в частности, уменьшение коэффициента фильтрации грунтов в подпахотном слое в результате длительной эксплуатации мелиоративных систем), и такая редко анализируемая причина, как деградация почвы, то есть ее обесструктурирование, зависящее от ряда факторов. Показана дифференциация дренажных систем по факторам работоспособности и степени осушения. Рекомендуются мероприятия по созданию требуемого водного режима почв, способные улучшить осушительное действие дренажа на объектах реконструкции.

Ключевые слова: водный режим, глубокое рыхление, коэффициент фильтрации, кротовый дренаж, мелиоративная система, реконструкция, уровень грунтовых вод.

Abstract

A. I. Mitrakhovich, E. A. Davydov, I. Ch. Kazmiruk

ANALYSIS OF THE REASONS FOR REDUCED EFFICIENCY OF DRYING SYSTEMS TAKEN INTO ACCOUNT OF THEIR OPERATING EXPERIENCE

The article presents an overview of the reasons for the deterioration in the efficiency of drainage melioration in various natural conditions in the Republic and abroad. The conditions under which the intensity of the melioration systems decreases (in particular, the filtration coefficient in the subsoil layer decreases as a result of long-term operation of melioration systems are indicated) and a such rarely analyzed reason as soil degradation, i. e. its destructuring, depending on a number of factors, are given. The differentiation of drainage systems by factors of performance and degree of drainage is given. The measures for creating the required water regime of soils, capable of improving the drainage effect of drainage at reconstruction sites, are recommended.

Keywords: water regime, deep loosening, filtration coefficient, mole drainage, drainage system, reconstruction, groundwater level.

Введение

Повышение эффективности, надежности и экономичности мелиоративных систем по регулированию водного режима почв во все времена являлось актуальной задачей мелиоративной отрасли Беларуси. Преобразование естественного режима переувлажненных почв в оптимально возможный, получение устойчивых высоких урожаев достигаются путем осушения. Это особенно важно для регионов, где сельскохозяйственное производство базируется на интенсивном использовании земель.

Многие мелиоративные системы в силу ряда причин не всегда обеспечивают требуемый водный режим, что приводит к существенным потерям урожая, поэтому необходи-

мо периодически проводить реконструкцию осушительной сети. Потери урожая происходят вследствие гибели растений, угнетения их избыточной влагой в период роста и развития или несвоевременного посева в оптимальные сроки и поздней уборки урожая. Весьма важно при этом установить причины недостаточно эффективной работы системы, предложить мероприятия по восстановлению ее функционирования и разработать новые конструктивные решения.

При решении указанных задач необходимо проанализировать опыт, накопленный наукой и практикой, чтобы оценить эффективность и надежность конструкций мелиоративных систем в условиях, близких к условиям нашей

страны, с учетом современных достижений науки. Большая работа по оценке эффективности осушения была проведена в Белорусском НИИ мелиорации и луговодства в конце 1990-х гг.

На основе результатов многолетних исследований представим аналитический обзор некоторых причин снижения эффективности осушительной способности дренажа, которые характерны для условий нашей страны.

Так, одной из них является изменение коэффициента фильтрации дренажных засыпок во времени. При этом, к сожалению, практи-

Результаты исследований и их обсуждение

Эффективность работы дренажной системы зависит от многих факторов. Само понятие «эффективность» требует уточнения и перевода на язык цифр и технических терминов. Для дренажных систем как элементов мелиоративных устройств ставятся определенные задачи, из них и следует исходить.

При рассмотрении работы систем в условиях Беларуси на первый план выходит осушительная роль дренажа, поскольку подпочвенное увлажнение в последнее время применяется редко – главным образом, из-за дефицита воды в открытых каналах в засушливый период при отсутствии иного гарантированного водоисточника. Поэтому эффективность работы дренажа конкретизируется только его осушительным действием, то есть интенсивностью отвода избыточных вод с мелиорированной территории. При этом ставится двойная задача:

- создать благоприятный водный режим для роста сельскохозяйственных культур;
- обеспечить несущую способность грунта для прохождения сельскохозяйственной техники, осуществляющей посев, уход и вывоз полученного урожая.

В обоих случаях эти задачи решаются снижением уровня грунтовых вод (далее – УГВ) до определенных значений. В первом случае это величина переменная и связана с изменчивостью требований растений в течение сезона к водному режиму. Для некоторых культур (озимых, многолетних трав) эти требования распространяются не только на летний период, но и на весь год. Далее задача обеспечения проходимости техники относится, главным образом, к весеннему периоду, то есть

чески не учитывается такой показатель, как деградация почв, что представляется неверным. Помимо этого, полагаем актуальной технологию глубокого рыхления почвы в силу ее эффективности (ниже приведена специфика его проведения). Подчеркнем также целесообразность исследования качества осушения объектов и их мелиоративного состояния как одного из важнейших показателей при определении степени необходимости реконструкции систем.

к подготовке почвы и севу яровых культур. В вегетационный период требования к водному режиму осушаемой территории и обеспечению несущей способности в основном совпадают. Из технологий сельскохозяйственного производства на это время приходится операции не только по подкормке растений, но и защите их от болезней и вредителей. Сложности при уборке урожая возникают только при затяжных осенних дождях.

Таким образом, эффективность дренажа определяется его возможностью создать и поддерживать УГВ на определенных глубинах для заданных периодов года.

Нормативными документами установлены расчетные и допустимые (указаны в скобках) значения УГВ (нормы осушения) на торфяниках [1]:

- для сенокосных земель в предпосевной период – 0,4 (0,6) м; в вегетационный для торфянисто-глеевых и торфяно-глеевых почв – 0,6 (1,0) м, для торфяных почв – 0,8 (1,2) м; для пастбищ – 0,5 (0,8) м в предпосевной период, в вегетационный – 0,7 (1,0) и 0,9 (1,2) м соответственно;
- при зернотравяных севооборотах с преобладанием зерновых в предпосевной период 0,5 (0,8) м, в вегетационный для торфянисто-глеевых и торфяно-глеевых почв – 0,8 (1,2) м, для торфяных почв – 1,0 (1,4) м;
- при зернотравяных севооборотах с преобладанием трав в предпосевной период 0,5 (0,8) м, в вегетационный для торфянисто-глеевых и торфяно-глеевых почв – 0,7 (1,1) м, для торфяных почв – 0,8 (1,3) м.

На минеральных землях требования к УГВ колеблются в пределах от 0,3 (0,7) м в пред-

посевной период до 0,6 (1,4) м в вегетационный в зависимости от сельскохозяйственного использования осушаемых земель.

Крайне сложно обеспечивать интенсивность осушения (то есть время, за которое УГВ должны опускаться до нормы осушения):

а) в весенний период для пашни и пастбища ~ 10 сут., для сенокосов ~ 15 сут.;

б) в летне-осенний период это время определяется допустимыми сроками затопления поверхности и подтопления корнеобитаемого слоя дождевыми водами с собственного водосбора.

При этом дренажные системы должны отводить воду с расходом, измеряемым обслуживаемой площадью и модулем дренажного стока. В свою очередь модуль дренажного стока определяется объемом среднегодовых осадков, видом грунтов, уклоном поверхности, типом водного питания.

К слабоводопроницаемым почвам относятся почвы, коэффициент фильтрации которых менее 0,1–0,3 м/сут. В большинстве случаев это почвы, содержащие более 50 % глинистых или илистых частиц. Как показывают расчеты, дренажная сеть на таких почвах должна быть чрезвычайно густой – от 0,5 до 5 м, и поэтому на них эффективность осушения обеспечивается за счет усиления трубчатого дренажа фильтрующими засыпками или его комбинации с беструбчатой сетью, организацией поверхностного стока. Об эффективности закрытого дренажа для осушения слабopроницаемых минеральных почв высказываются противоречивые мнения, обусловленные в основном различной оценкой роли пахотного и подпахотного горизонтов в формировании дренажного стока.

По данным английского исследователя Р. Кеннелла [2], в Великобритании установлено, что подъем уровня почвенно-грунтовых вод до 10–20 см от поверхности в декабре – апреле снижает урожай озимой пшеницы на 18–21 %, и поэтому его нужно поддерживать на глубине не менее 50 см. На участке с кротовым дренажем глубиной 50–60 см, проложенным через 2 метра и выведенным в гравийную засыпку трубчатых дрен, урожай увеличился на 25 %.

Осушение тяжелых переувлажненных почв в зоне муссонного климата (Дальний

Восток) проводится с учетом рельефа местности: на выровненных склонах с уклоном более 0,005–0,007 рекомендуются открытые каналы, ложбины и выводные борозды, сочетающиеся с агромелиоративными мероприятиями: гребнями, грядами на пропашных культурах, глубоким рыхлением и кротованием [3]. На участках со сложным микрорельефом дополнительно устраивается выборочный дренаж для отвода воды из замкнутых западин с засыпкой дренажной траншеи в самых низких местах фильтрующим материалом. На слабосточных массивах (пашня) строится систематический дренаж с глубиной закладки дрен 0,8–0,9 м при междренном расстоянии 10–12 м. В самых низких местах устраивается засыпка дрен до верха дренажной траншеи хорошо фильтрующим материалом. В средние по влажности годы эти приемы повышали урожай на 20–25 %.

Белорусскими учеными установлено, что в экстремальные периоды (1985 г.), когда осадки превышали среднемноголетнюю месячную норму в 2,5–3,5 раза, в Шарковщинском р-не Витебской обл. средняя урожайность зерновых на немелиорированных землях была 21–35 ц/га, а на мелиорированных – 30–33 ц/га. Однако можно считать, что мелиоративная сеть во влажные периоды недостаточно быстро справляется с такой ненормативной нагрузкой по отводу поверхностных вод и переводу поверхностного стока во внутрпочвенный через дренажную засыпку на землях с преимущественно атмосферным водным питанием.

Интенсивность осушения отсутствует по многим причинам – как конструктивного, так и эксплуатационного характера. Например, исследованиями ВНИИГиМ установлено, что коэффициент фильтрации дренажной засыпки в период строительства составлял 0,98 м/сут., через 3 года – 0,50 и через 10 лет – 0,3 м/сут., а грунта в междренье – 0,06, 0,08, 0,1 м/сут., то есть практически не изменялся [4].

На тяжелых почвах Московской обл., где $K_{\phi} > 0,05$ м/сут., рекомендовалось устраивать дренаж глубиной 1,2–1,4 м с расстоянием между дренами 15–20 м и глубоким рыхлением, исключая понижения, на 60–80 см с расстоянием 1,2–1,3 м. Глубокое рыхление дает прибавку урожая на 15–20 % и окупается в

первый год [5], однако его нежелательно проводить при аккумуляции поверхностного стока в горизонтах почвенного профиля и интенсивном вторичном заболачивании в результате рыхления недrenированных оглеенных почв [6].

В периодическом рыхлении или кротовании на глубину 45–50 см нуждаются те почвы, в верхней полуметровой толще которых имеется переуплотненный слой, являющийся относительным водоупором [7].

Глубокое рыхление в сравнении с кротованием увеличивает водопроницаемость почвы в 2–3 раза. Эффект кротования сохраняется 2 года, рыхления – 3–4 года. Исследователи рекомендуют химмелиоранты [8]. Эффект засыпки траншеи вынутым грунтом сохраняется 1–2 года, засыпки гравием – 10–15 лет [9].

Рассмотренные мероприятия значимы при реконструкции мелиоративных систем и в настоящее время.

Одним из регионов с большими площадями переувлажненных минеральных земель является Прибалтика. В частности, в Эстонии в 1983 г. было переувлажнено более 52 % земель, причем временно переувлажненные минеральные почвы составляли 80 %, а постоянно переувлажненные торфяно-глеевые и торфяные – 20 % [10]. Качество осушения и мелиоративное состояние осушенных земель в этом регионе длительный период изучалось учеными Эстонского научно-исследовательского института земледелия и мелиорации. В результате были установлены ошибки, допущенные при проектировании, строительстве и эксплуатации осушительных систем и в сельскохозяйственном использовании земель, и в то же время разработаны мероприятия, повышающие эффективность мелиорации. Также были проведены полевые исследования для проверки интенсивности осушения, в ходе которых устанавливались параметры дренажных систем, природные характеристики, регулярно измерялись дренажный сток и глубина залегания грунтовых вод над дренами и в середине между ними. На основе обработки данных были построены графики зависимости положения УГВ от модуля стока, по которым определялась фактическая интенсивность осушения. Было установлено, что реальная интенсивность осушения часто не соответствует нормативной и в результате 2–3 % дренажных

систем не работают, 20 % систем пересушены, 45 % – недоосушены. Интенсивность осушения, близкая к нормативной, достигнута только на 30–35 % систем.

В экстремальные по влажности 1975-й и 1981-й гг., при обеспеченности осадками 1–2 % и близким к нормативам значениям модуля дренажного стока на 8 % осушенной площади, культуры полностью погибли от переувлажнения, на 10 % площади получена низкая урожайность. Основная причина избыточного увлажнения – верховодка. Ее возникновение обусловлено уплотнением почвы и подпочвенного горизонта при проведении как мелиоративных, так и полевых работ в дождливое время, незначительным объемом глубокого рыхления, ограниченным применением удобрений и др. Норма модуля дренажного стока зависит от степени переувлажнения. Для полугидроморфных почв она равна 0,03–0,08 л/с с га, а для гидроморфных – 0,1–0,15 л/с с га.

Укажем причины недоосушения, кроме строительного брака: нарушение требований к техническим условиям строительства дренажа; ошибки при оценке водопроницаемости супесчаных и пылеватых грунтов (вместо коэффициента фильтрации грунта 0,2–0,3 м/сут. в расчетах принят 0,4–1,0 м/сут.) – выбор расчетных схем дренажа; чрезмерное уплотнение подпочвенного горизонта тяжелыми сельскохозяйственными машинами. В земледелии Эстонии использовались преимущественно тяжелые колесные трактора. Под действием сельскохозяйственной техники уплотнение грунтов происходит на значительную глубину и, как следствие, снижается коэффициент фильтрации грунтов. Исследования показали, что уплотнение грунтов распространяется на глубину 1 м и более. Вибрационная волна от их движения по полю затухает в грунте на глубине более 1 м. В связи с этим неизбежно увеличение минимально допустимой глубины закладки дрен до 1 м и периодическое проведение глубокого рыхления на всех осушенных минеральных почвах.

Недостаточная защитная способность стеклохолста, особенно при высоком УГВ, приводит к быстрой кольматации стыков трубы или материала, и в результате депрессионная кривая нависает над дренажной трубой в минеральных грунтах при наличии верховодки в среднем на

0,2 м, в торфе – на 0,4–0,5 м. Не обеспечивало должного эффекта применение в качестве защитных материалов соломы, опилок, щепы [10]. Отмечалась также зависимость недоосушения от степени заболоченности почвы. На почвах с признаками оглеения от вымокания погибает 7 % посевов, а на торфяных почвах – 25 %. Поэтому при расчете расстояний между дренами в минеральных почвах следует учитывать степень их оглеения.

При исследовании систем через 10–15 лет их дальнейшего функционирования было установлено, что интенсивность осушения минеральных почв со временем снижается: в суглинках и супесчаных – на 2 % в год, в песчаных – на 4 %. Следовательно, необходимость реконструкции таких систем из-за снижения эффективности осушения возникает через 20–30 лет после ввода в эксплуатацию, что значительно раньше предполагаемого срока их амортизации.

Уход за осушительными системами требует совершенствования, так как отдельные виды эксплуатационных работ могут проводиться только специализированными организациями.

Промывка дренажных линий – наиболее эффективная мера предотвращения от закупоривания, однако при проектировании дренажа следует применять наиболее простую конфигурацию, размеры осушаемого участка, длину дрен – не более 200 м. В сложных гидрологических условиях следует проектировать одиночные дренажи большого диаметра.

Выяснением причин ухудшения работы дренажа занимался ученые Белорусской сельскохозяйственной академии Л. И. Кумачёв и др. [11]. В результате проведенных ими обследований было выявлено во многих случаях заиливание дренажных труб, заполнение их корнями растений, уменьшение коэффициента фильтрации грунтов, подстилающих пахотный слой.

Очистить дренажи, забитые корнями растений, весьма сложно [12]: это относится в основном к гончарному дренажу и одной из причин его выхода из рабочего состояния. Академиком ВАСХНИЛ Н. И. Вавиловым [13] получены данные о том, что корневая система кукурузы, проса, зерновых, бобовых, кострца, подсолнечника и других растений дости-

гает глубины 2–3 и более метров, то есть они могут проникнуть внутрь дренажных труб.

Ученые пришли к выводу, что главной причиной снижения осушительного действия дренажа является уменьшение коэффициента фильтрации грунтов, подстилающих пахотный слой [14]. Происходит это в течение 20–30 лет эксплуатации осушаемых земель в результате деградации почвы – ее обесструктурирования. Хорошая оструктуренная почва состоит из мелких комочков, скрепленных гумусом, не размываемых дождями и обеспечивающих хорошее соотношение в ней содержания влаги и воздуха. Именно благодаря этому почва является плодородной.

При высоких урожаях более 50 ц/га содержание гумуса в почве уменьшается, почвенные комочки без гумуса легко размываются каплями дождя, превращаясь в бесструктурную массу. Образуется почвенная корка, снижается содержание воздуха в почве, и уменьшается урожай. Такая почва называется бесструктурной (или деградированной). Деградации почвы способствует ее вспашка с оборотом пласта вследствие ускоренной минерализации гумуса и гибели почвенной биоты, что ухудшает условия произрастания растений.

В представленном обзоре причин снижения эффективности мелиоративных мероприятий приведена рациональная аргументация для специалистов. И в нынешних условиях целесообразно было бы применять, например, разработанную эстонскими учеными методику по оценке осушительного действия мелиоративных систем, которая позволила бы более достоверно и конкретно, пообъектно проводить их реконструкцию, а также планировать ее объемы. Это же касается и учета деградации почвы при проектировании мелиоративных систем.

Нельзя не отметить, что отечественные специалисты недостаточно активно продвигают потенциал мелиоративной науки в интересах сельскохозяйственного производства. Желательно было бы более настойчиво популяризировать наработки, ориентированные на получение дополнительной сельскохозяйственной продукции за счет увеличения количества полевых рабочих дней на протяжении вегетационного периода растений.

Выводы

На основе анализа результатов отечественных и зарубежных исследователей, которые изучали формирование водного режима и мелиоративной обстановки на объектах со слабопроницаемыми почвами, сделаны следующие выводы.

1. На слабопроницаемых почвах отмечается периодичность действия дренажа в течение года в условиях преимущественно атмосферного водного питания; она обусловлена неравномерностью выпадения осадков.

2. Главный показатель работоспособности дренажа – модуль дренажного стока, но определять его в натуральных условиях крайне сложно. При этом одним из параметров, влияющих на дренажный сток, является коэффициент фильтрации засыпки дренажной траншеи.

3. В ходе анализа научных источников, характеризующих способы и устройства, усиливающие эффективность дренажных систем, установлено, что наиболее сложным вопросом является осушение замкнутых понижений.

4. Указаны условия, при которых снижается интенсивность действия мелиоративных систем и дается дифференциация дренажных систем по степени работоспособности и осушения.

5. Рекомендуются технические и агрометеорологические мероприятия по улучшению осушительного действия дренажа.

6. Указаны условия, при которых снижается интенсивность действия мелиоративных систем и дается дифференциация дренажных систем по степени работоспособности и осушения.

Библиографический список

1. Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования : ТКП 45-3.04-8-2005. – Введ. 01.11.05. – Минск : Минстройархитектуры, 2006. – 106 с.

2. Cannell, R. Q. A study of mole drainage with simplified cultivation for autumn-sown crops on a clay soil / R. Q. Cannell, D. G. Christian, F. K. G. Henderson // Soil and Tillage Research. – 1986. – Vol. 7, Iss. 3. – P. 251–272.

3. Черноухов, А. М. Пути повышения эффективности мелиорации тяжелых переувлажненных почв Дальнего Востока / А. М. Черноухов // Интенсификация растениеводства на Дальнем Востоке : сб. науч. ст. ВАСХНИЛ, Сибир. отд-ние ДальНИИСХ. – Новосибирск, 1985. – С. 12–18.

4. Осушение земель в гумидной зоне СССР : сб. тр. / ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова ; науч. ред. Е. П. Панов. – Москва : ВНИИГиМ, 1983. – 126 с.

5. Зайдельман, Ф. Р. Мелиорация почв : учебник / Ф. Р. Зайдельман. – 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Изд-во МГУ, 2003. – 448 с.

6. Зайдельман, Ф. Р. Генезис и экологические основы мелиорации почв и ландшафтов / Ф. Р. Зайдельман. – Москва : Изд-во МГУ, 2009. – 752 с.

7. Возможность оценки мелиоративного состояния осушенных земель по некоторым физическим свойствам почв / А. Ю. Перцович, О. Л. Веденин, Ф. Н. Козырев, В. Н. Погребняк // Проблемы проектирования, строительства и использования мелиоративных мероприятий в различных почвенно-климатических зонах Ленинградской области : сб. науч. тр. ; под ред. В. Н. Кузнецова. – Ленинград, 1988. – С. 20–28.

8. Лукьянас, А. Л. Эффективность мероприятий по улучшению притока воды к дренам в тяжелых грунтах / А. Л. Лукьянас, Б. И. Блажис, В. Б. Шаулис // Осушение и окультуривание минеральных земель гумидной зоны : тез. докл. – Таллин : Агропром ЭССР, 1983. – С. 8–9.

9. Backfill alteration effects on pipe drainage of a clay soil // Advances in drainage // G. S. Taylor, S. S. Hundal, N. R. Fausey, G. O. Schwab // Agric. Res. & Development Center. Wooster. – 1981. – N 138–80. – P. 139–148. <https://doi.org/10.2136/sssaj1981.03615995004500030034x>

10. Томберг, У. Х. Мелиоративное состояние осушенных земель в Эстонской ССР / У. Х. Томберг // Гидротехника и мелиорация. – 1983. – № 8. – С. 32–34.

11. Кумачёв, Л. И. Причины ухудшения работы закрытого дренажа: традиционные и новые взгляды / Л. И. Кумачёв // Мелиорация и вод. хоз-во XXI века. Наука и образование : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 170-летию Белорус. гос. с.-х. академии, Горки, 4–6 июня 2009 г. – Горки, 2009. – С. 171–175.

12. Медведев, В. В. Изменчивость оптимальной плотности сложения почв и ее причины / В. В. Медведев // Почвоведение. – 1990. – № 5. – С. 20–29.
13. Вавилов, Н. И. Растениеводство / Н. И. Вавилов [и др.] ; под ред. акад. ВАСХНИЛ проф. Н. И. Вавилова. – 5-е изд., доп. и перераб. – Москва : Агропромиздат, 1986. – 512 с.
14. Депрессия урожая сельскохозяйственных культур при уплотнении почвы и приемы ее снижения / А. И. Пупонин [и др.] // Сб. науч. тр. Всесоюз. ин-та механизации с. х. – 1988. – Т. 118. – С. 75–86.

Поступила 12 июля 2024 г.