

ПРИМЕНЕНИЕ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА СЛАБОВОДОПРОНИЦАЕМЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВАХ

А. И. Митрахович¹, кандидат технических наук

И. Ч. Казмирук², кандидат технических наук

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

²Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

Аннотация. Рассматривается использование сельскохозяйственного дренажа с фильтрующими засыпками на системах двухстороннего действия. На научной основе и практических данных доказывается целесообразность применения осушительно-увлажнительных систем, в том числе и на слабОВОДПРОНИЦАЕМЫХ грунтах. В связи с изменением климата и уменьшением суммы осадков за вегетационный период предпочтительно подпочвенное увлажнение и орошение для создания благоприятных условий произрастания растений и получения устойчивых урожаев.

Ключевые слова: дренаж, осушительно-увлажнительная система, подпочвенное увлажнение, слабОВОДПРОНИЦАЕМЫЕ почвы, фильтрующая засыпка траншеи.

A. I. Mitrakhovich, I. Ch. Kazmiruk.
APPLICATION OF DRAINAGE AND HUMIDIFICATION SYSTEMS ON LOW-PERMEABILITY MINERAL SOILS

Abstract. The article focuses on the use of agricultural drainage with filter backfills on two-way action systems. The feasibility of applying drainage and humidification systems, including on low-permeability soils, is substantiated based on scientific foundations and practical data. In connection with climate change and a decrease in the amount of precipitation during the growing season, it is recommended to use subsoil humidification and irrigation to create favorable conditions for plant growth and obtain stable yields.

Keywords: drainage, drainage and humidification system, subsoil humidification, low-permeability soils, filter backfill of a trench.

Введение

Современное высокопродуктивное земледелие на значительной части сельскохозяйственных угодий гумидной зоны невозможно без проведения мелиоративных мероприятий, регулирующих водный режим почв в пределах, обеспечивающих оптимальные условия развития растений.

Мелиоративные мероприятия должны быть направлены, прежде всего, на своевременное удаление из корнеобитаемого слоя избытков влаги и в то же время обеспечивать увлажнение в засушливые периоды вегетации растений. Функция мелиоративных систем в гумидной зоне заключается не только в регулировании водного режима корнеобитаемого слоя почв в пределах, обеспечивающих оптимальные условия для развития растений, но и в создании условий для проведения сельскохозяйственных работ, сохранения и улучшения природно-хозяйственных комплексов.

Мелиорация земель в гумидной зоне включает такие виды систем, как осушительные, осушительно-увлажнительные, оросительные, осушительно-оросительные. Наиболее перспективными считаются осушительно-увлажнительные системы, создаваемые на базе горизонтального дренажа; они должны обеспечивать отвод излишней воды из почвы при избыточном увлажнении и ее подачу в засушливые периоды.

Системы с подпочвенным увлажнением рекомендуется применять на равнинных или слабоуклонных спланированных землях при уклоне поверхности до 0,005 и коэффициенте фильтрации дренирующего слоя почвогрунтов более 0,5 м/сут, при близком залегании грунтовых вод на осушаемых землях с равнинным рельефом местности, включающим отдельные понижения глубиной не более 0,5 м.

К слабоводопроницаемым относятся преимущественно глинистые и суглинистые грунты, на которых формируются в том числе и дерново-подзолистые почвы. Низкая водопроницаемость этих почв связана с их составом и структурой. В Беларуси дерново-подзолистые заболоченные почвы занимают 2071,93 тыс. га площади пашни и 2886,5 тыс. га площади сельскохозяйственных угодий [1]. Наиболее

Результаты исследования и их обсуждение

На осушительно-увлажнительных системах подача воды для подпочвенного увлажнения осуществляется за счет использования поверхностных вод из естественных или искусственных водоемов (озер, водохранилищ) и водотоков (рек, каналов). Существует много конструкций осушительно-увлажнительных систем, в том числе и с механическим водоподъемом. Технологии подпочвенного увлажнения в легких грунтах с атмосферно-грунтовым водным питанием достаточно подробно изучены и широко внедрены в производство. Что касается применения подпочвенного увлажнения на слабоводопроницаемых почвах, здесь нет однозначного ответа, и большинство исследователей относятся к такому мероприятию скептически.

Подтверждением этого может служить опыт исследования (1980–1981 гг.) подпочвенного увлажнения на одном из объектов Витебской опытной мелиоративной станции, показавший отрицательные результаты. Увлажнение на исследуемом объекте осуществлялось путем подачи воды в канал и далее в устья коллекторов и дрен. Следует подчеркнуть, однако, что дренажная система была построена без применения фильтрующих элементов, обратная засыпка траншеи выполнялась вынутым грунтом. Исследованиями установлено, что при длительном увлажнении глинистые грунты размокают и теряют фильтрационную способность, что и произошло на объекте в Витебской обл. при подаче воды на увлажнение через засыпку дренажной траншеи глинистым грунтом.

Рассматривая возможности применения подпочвенного увлажнения, следует отметить причины, обуславливающие недостаточную эффективность осушения слабоводопроницаемых почвогрунтов.

При проведении полевых исследований в ходе раскопок дрен сотрудами Института

широко они распространены в Витебской обл. и занимают 62,3 % пашни и 59,7 % сельскохозяйственных угодий. В центральной части Беларуси эти почвы развиваются в нижних частях пологих склонов и на плоских местах с плохими условиями естественного дренирования. Меньше всего они распространены в Гродненской и Брестской обл. [2].

мелиорации было установлено, что малая продуктивность вызвана слабой проницаемостью дренажной засыпки в нижней части дренажной траншеи, через которую в таких грунтах поступает вода с поверхности в дренажные трубы. Данное явление обусловлено разрушением комьев грунта засыпки, его оплыванием при застаивании воды в дренажной траншее, которое обычно происходит при пропуске весеннего половодья или во время летне-осенних паводков. Подпор воды в канале и истечение воды из дренажных устьев под уровень (затопленное истечение) вызывают подпор в коллекторах и дренах. В то же время при отсутствии подпора воды, высоком расположении устьев над дном канала дренажная засыпка из местного грунта сохраняет комковатую структуру и спустя 20–30 лет после строительства обладает относительно хорошей проницаемостью, обеспечивая осушительный эффект при работе мелиоративной системы только в режиме осушения. Объясняется это тем, что при нормально работающем дренаже (без застоя воды в дренажной траншее) вода быстро фильтрует через засыпку так, что комья грунта не успевают разрушиться и продолжительное время засыпка сохраняет свою рыхлую структуру. Если в песчаных грунтах временный подпор воды мало влияет на его дальнейшую проницаемость, то в глинистых грунтах застаивание воды в дренажной засыпке приводит к необратимому образованию в этой зоне пластичного слоя с очень низкой водопроницаемостью. Это связано с физико-механическими свойствами глинистых грунтов, их набухаемостью и размокаемостью. Возникновением данных явлений в слабоводопроницаемых грунтах и объясняется неудачный опыт применения осушительно-увлажнительных систем.

Есть и успешные примеры эксплуатации осушительно-увлажнительных систем на сла-

боводопроницаемых почвах. Украинскими учеными, которые проводили исследования на тяжелых слабоводопроницаемых грунтах в Закарпатской и Житомирской обл. [3], были получены положительные результаты при двухстороннем регулировании водного режима почв с применением горизонтального дренажа. Следует отметить, что украинские специалисты учитывали особенности технологии регулирования водного режима почв на дренах-собираателях со сплошной фильтрующей засыпкой дренажной траншеи или применение фильтрующих элементов (далее – ФЭ) на дренах. При анализе работы системы в режиме подпочвенного увлажнения и определении эффективности данного мероприятия был получен вывод о необходимости проведения глубокого рыхления на осушительно-увлажнительных системах для разуплотнения слабоводопроницаемой прослойки на контакте пахотного слоя с подстилающим грунтом.

Состояние мелиорируемых земель на суглинистых и глинистых почвах и их переувлажнение во многом определяется рельефом поверхности. Для лессовидных суглинков, например, характерна просадочность с образованием микро- и макропонижений. На 100 га площади приходится до 60, а в отдельных районах до 100 и более замкнутых западин, расчленяющих сельхозугодья на участки неправильной конфигурации. Для использования способов мелиорации таких почв необходимо знать закономерности регулирования водного режима в разных частях этого сложного естественного комплекса.

В 1981–82 гг. Институт мелиорации на одном из таких объектов со сложными природными условиями (на землях совхоза «Коммунист» Горецкого р-на Могилевской обл.) изучал формирование водного режима на лессах и лессовидных суглинках [4]. Было установлено, «что свыше 60 % западин имеют площадь до 0,2 га и только около 10 % – более 0,4 га» [4, с. 139]. Однако в результате недопашек, образовавшихся вокруг них, площадь, не использовавшаяся в сельскохозяйственном обороте, оказывалась в 2–10 раз больше самих западин. Водосборная площадь западин – 0,5–1,5 га; они представлены преимущественно глеевыми разновидностями суглинистых почв; некоторые заторфованы; коэффициент фильтрации

(k_{ϕ}) пахотного слоя – 0,12–0,40 и подпахотного – 0,04–0,08 м/сут в зависимости от степени заболоченности.

Снежный покров и глубина промерзания почвы на элементах рельефа формировались по-разному. Максимальное промерзание почвы наблюдалось на повышенных элементах рельефа и достигало 110 см, в то же время в западинах почва промерзала не более 5–8 см, несколько глубже (15–24 см) – в седловинах и ложбинах. Столь разная глубина промерзания объясняется различной высотой снежного покрова и неоднородной влажностью почвы. Максимальная высота снежного покрова по среднееголетним наблюдениям составила: в западинах – 68 см, на повышенных элементах рельефа – 19 см, в седловинах – 37 см. Большая глубина промерзания почвы на возвышенностях, выраженные уклоны поверхности в сторону западин в период снеготаяния и обильных дождей способствовали быстрому стеканию воды в понижения, особенно по замерзшей почве. После прохождения весеннего половодья вода в западинах сохранялась в течение 2,5–3 месяцев в сухие годы и на протяжении всего вегетационного периода – во влажные. Вода в западинах, даже при наличии дренажа, уменьшается в основном за счет испарения. Это говорит о том, что при планировании мелиоративных мероприятий следует учитывать природные особенности осушаемой территории.

Для выполнения мелиоративных работ на таких землях важно применение выборочного дренажа, прокладываемого по наиболее пониженным элементам рельефа с полной или частичной засыпкой западин, что дает существенный экономический эффект за счет сокращения протяженности дренажных линий. Для линейно-протяженных западин следует применять их раскрытие с устройством ложбины стока; для осушения западин площадью более 0,3 га целесообразен систематический дренаж, дополненный мероприятиями по организации поверхностного стока. Особое внимание следует уделять перераспределению стока по элементам рельефа, уменьшая приток поверхностной воды к понижениям и аккумулируя ее с помощью сплошного глубокого рыхления поперек склонов на тех повышенных элементах рельефа, которые не требуют осушения и где

в летний период ощущается недостаток влаги. Это увеличивает надежность работы мелиоративной системы и создает условия для выравнивания водного режима на объекте.

Закрытый горизонтальный дренаж не следует применять в глинистых и мергелевых почвах с залеганием водоупорных слоев ($k_{\phi} \leq 0,001$ м/сут) на глубине менее 0,4 м от поверхности, а также в пылеватых супесчаных и легкосуглинистых почвах с очень слабой водопроницаемостью пахотного слоя ($k_{\phi} \leq 0,04$ м/сут). При осушении таких почв хорошо зарекомендовали себя мероприятия по ускорению поверхностного стока: раскрытие и засыпка замкнутых понижений, устройство ложбин и воронок стока и др. Осушительные системы должны способствовать своевременному отводу поверхностных и инфильтрационных вод из верхнего слоя почвы в пределах 10–40 см в течение от 1–2 до 8 суток, обеспечивая оптимальные условия для роста и развития растений. Соблюдение сроков осушения верхнего (0–10 см) слоя почвы – наиболее существенный фактор снижения потерь урожая в результате переувлажнения.

Основным показателем, влияющим на выбор различных конструкций дренажа, является коэффициент фильтрации в нижней части почвенного профиля от подошвы глубокого рыхления до горизонта заложения дрен (обычно в пределах 0,4–1,1 м от поверхности земли). При $k_{\phi} > 0,1$ м/сут применяется обычный траншейный дренаж с обратной засыпкой траншеи вынутым грунтом. При этом коэффициент фильтрации дренажной засыпки по всему профилю, включая околдренную зону, должен быть не менее 0,3 м/сут. Это обеспечивается за счет засыпки дренажной траншеи подсушенным грунтом, который приобретает комковатую структуру.

Однако следует учитывать, что применение фильтрующих материалов из местных грунтов, особенно гумусированного грунта и растительного слоя почвы, связано с оскудением плодородия – в результате выноса на поверхность земли глинистой породы на площадях около 17–28 % от общей площади осушения. Как показали исследования нашего института, срезка растительного слоя на 50 % (при его мощности 22–28 см) приводит к снижению урожайности до 10–15 %, а со всего пахотного слоя – до 37–58 % [5].

При осушении тяжелых почв дренажем с фильтрующими элементами обязательным условием является периодическое выполнение сплошного глубокого рыхления поперек дрен на глубину не менее 0,6–0,7 м. Глубина дрен в истоке при этом должна быть не менее 0,85 м. Рыхление следует проводить при влажности почвы 60–80 % наименьшей влагоемкости. Необходимость повторного глубокого рыхления устанавливается при снижении коэффициента фильтрации разрыхленного грунта в слое 0–0,4 м от поверхности до величины $k_{\phi} \leq 0,3$ м/сут. Обычно рыхление повторяют через 2–4 года.

Двухстороннее регулирование водного режима почв заключается не только в отводе избыточной влаги, но и в увлажнении в засушливое время, поскольку на протяжении вегетационного периода растения могут испытывать потребность во влаге при длительном отсутствии атмосферных осадков.

Подпочвенное увлажнение применяется на малоуклонном рельефе с небольшими перепадами высот. Подъем уровня воды в фильтрующей засыпке траншеи, а затем и в междренье – процесс инертный, протекает медленно, причем чем мельче частицы грунта, тем больше времени необходимо для подачи воды в корнеобитаемый слой. Если на дренаже имеются ФЭ, коэффициент фильтрации которых значительно выше, чем у грунта в междренье, то при применении подпочвенного увлажнения быстрое действие таких систем выше, чем у мелиоративных систем без фильтрующих элементов. Подчеркнем, что подпочвенное увлажнение на слабоводопроницаемых почвах без ФЭ не рекомендуется.

Непременное условие эффективности подпочвенного увлажнения – обеспечение напора в дренах-увлажнителях, соответствующего пьезометрической отметке не ниже 0,3–0,4 м от поверхности земли. Указанный напор в данных дренах может быть обеспечен лишь при подаче воды в их истоки.

Следует отметить одну из важных характеристик водного режима – влажность почвы, которая имеет свойство распределяться по глубине неравномерно в течение времени. Был установлен характер изменения влажности слабоводопроницаемых почв – выше уровня поднятия воды в фильтрующей засыпке при ра-

боте осушительно-увлажнительной системы на слабопроницаемых почвах в режиме увлажнения [3]. Поскольку увлажнение слабопроницаемых почв – процесс инертный, то влажность, соответствующая наименьшей влагоемкости, достигается только через 8 суток, при этом уровень воды в ФЭ располагается на 0,5 м от поверхности. Система была спроектирована таким образом, чтобы уровни воды в фильтрующей засыпке не поднимались выше 0,4 м и не вызывали кольматации верхней части фильтрующей засыпки пахотным слоем. Судя по расположению хроноизоплет, минимальная влажность в 30 % была превышена на вторые сутки. Влажность почвы выше уровня воды увеличивается за счет капиллярной каймы, которая в слабопроницаемых грунтах может достигать 3–4 метров. С некоторым опозданием влага становится доступной для растений, расположенных в междуренье. Так, хроноизоплеты влажности (рисунок) де-

монстрируют режим ее изменения на разных глубинах грунта в течение 10 суток. Они позволяют выделять зоны с разными степенями доступности воды для растений. По хроноизоплетам можно оценивать почвенно-гидрологические условия, проявления анаэробных процессов, длительность влагообеспечения растений и другие важные параметры водного режима почв. Они позволяют визуализировать сложный динамический процесс распределения влажности по глубине в режиме подпочвенного увлажнения.

В настоящее время в Институте мелиорации разработаны конструкции колонок-поглотителей с использованием геокомпозитных материалов, существенно повышающих их пропускную способность. Колонки могут быть применимы на системах, предусматривающих регулирование водного режима на тяжелых суглинках.

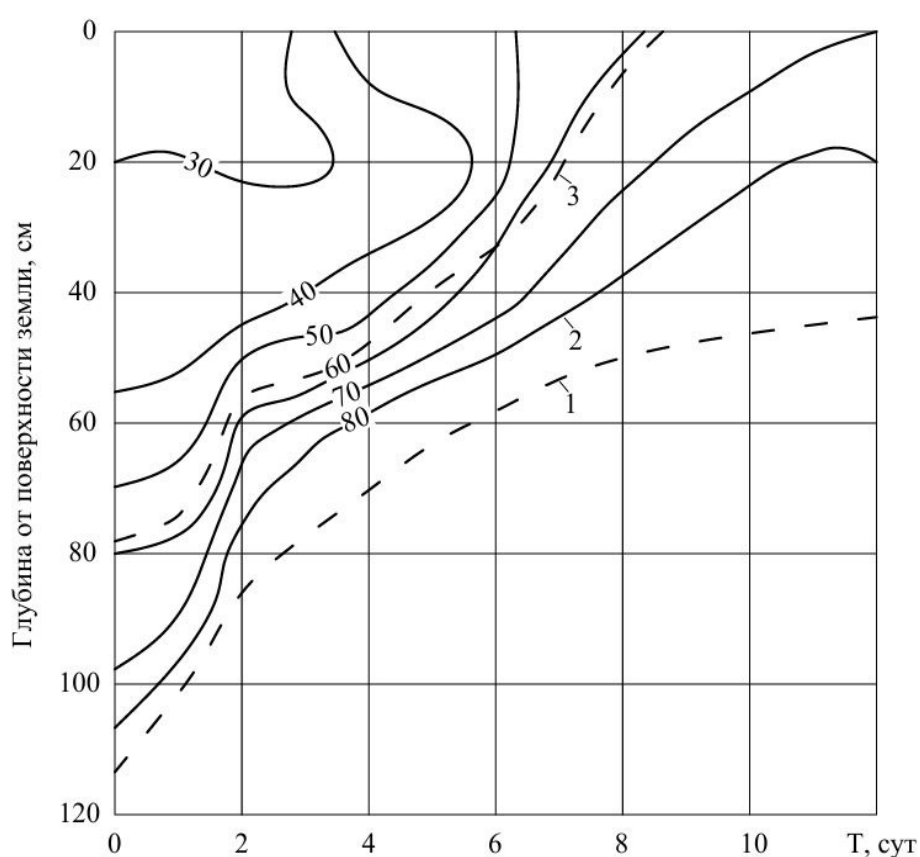


Рисунок. Динамика уровня воды в фильтрующей засыпке и влажности почвы (% от полной влагоемкости) при подпочвенном увлажнении [3]:
1 – уровень воды, см; 2 – хроноизоплеты влажности почвы, %;
3 – влажность, соответствующая наименьшей влагоемкости, %

Заключение

1. Анализ опыта отечественных и зарубежных исследователей показал, что при эксплуатации осушительно-увлажнительных систем с дренажем на землях со слабоводопроницаемыми почвами необходимо периодически проводить их сплошное глубокое рыхление на глубину до 70 см, но выше глубины заложения закрытого дренажа не менее, чем на 15–20 см. Необходимость повторного глубокого рыхления устанавливается при снижении коэффициента фильтрации в слое почвы 0–40 см до 0,3 м/сут.

2. Поскольку для лессовидных суглинков характерна просадочность с образованием микро- и макропонижений, в эксплуатационные работы на таких площадях рекомендовано включать: элементы организации поверхностного стока, устройство ложбин, строительство выборочного дренажа, прокладываемого по

наиболее пониженным элементам рельефа с полной или частичной засыпкой западин.

3. Непременным условием эффективного подпочвенного увлажнения земель со слабоводопроницаемыми почвами является создание в дренах-увлажнителях напора, соответствующего пьезометрической отметке не ниже 0,3–0,4 м от поверхности земли. Указанный напор может быть обеспечен при подаче воды в истоки дрен.

4. Для наиболее эффективного двустороннего регулирования водного режима на землях со слабоводопроницаемыми почвами предложена конструкция дренажной системы с горизонтальным дренажем с хорошо фильтрующими колонками-поглотителями, располагающимися на дренах в зоне возможного подпора из канала.

Благодарность. Статья публикуется при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (договор № T25MC-014).

Acknowledgements. The studies were supported with The Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research (agreement № T25MC-014).

Библиографический список

1. Романова, Т. А. Почвоведение в Беларуси: теория и научные основы природопользования / Т. А. Романова // Наука и инновации. – 2017. – № 10 (176). – С. 50–53.
2. Почвы БССР / П. П. Роговой [и др.] ; под ред. И. С. Лупиновича и П. П. Рогового. – Минск : Изд-во Академии наук Белорусской ССР, 1952. – 270 с.
3. Скрипник, О. В. Технология регулирования водного режима орошаемых земель / О. В. Скрипник, И. С. Сорока, В. П. Кубышкин. – Киев : Урожай, 1992. – 161 с.
4. Рудой, А. У. Исследование водного режима заболоченных почв, развитых на лессовидных породах / А. У. Рудой // Мелиорация переувлажненных земель : сб. науч. работ / БелНИИ мелиорации и луговодства. – Минск, 1984. – Т. 32. – С. 138–146.
5. Брусиловский, Ш. И. Мелиорация минеральных почв тяжелого механического состава / Ш. И. Брусиловский. – Минск : Ураджай, 1981. – 160 с.

Поступила 3 сентября 2025 г.