

ПОВЫШЕНИЕ ОСУШИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ДРЕНАЖА НА ОСНОВЕ НОВЫХ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И МАТЕРИАЛОВ

А. И. Митрахович¹, кандидат технических наук

Э. Н. Шкутов¹, кандидат технических наук

И. Ч. Казмирук², кандидат технических наук

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

²Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

Аннотация

Проанализированы конструктивные решения и основные функциональные элементы горизонтального дренажа, обеспечивающие эффективную работу мелиоративных систем на объектах реконструкции, особенно при наличии слабоводопроницаемых минеральных грунтов и бессточных понижений. Отмечаются высокие фильтрационные свойства синтетических фильтрующих материалов, позволяющие существенно увеличивать водопримную способность дренажных труб и заменять ими присыпку дрен песчано-гравийной смесью, песком и т. п. Рекомендуется комплекс мероприятий с применением дренажных устройств, находящихся на стадии патентных решений и включающих новые элементы мелиоративной сети из полимерных материалов, которые служат для удаления избыточных вод из замкнутых понижений. Предложены мероприятия, повышающие интенсивность водоотвода с избыточно переувлажненных земель и обеспечивающие условия для ведения высокопродуктивного сельскохозяйственного производства.

Ключевые слова: геотекстиль, дренаж, защитно-фильтрующий материал, колонки-поглотители, осушительная мелиоративная система, реконструкция.

Abstract

A. I. Mitrakhovich, E. N. Shkutov, I. Ch. Kazmiruk
INCREASING THE DRAINAGE CAPACITY OF DRAINAGE BASED ON NEW HIGH-TECH STRUCTURAL ELEMENTS AND MATERIALS

The article analyzes the structural solutions and main functional elements of horizontal drainage that ensure the efficient operation of drainage systems at reconstruction sites, especially with low-permeability mineral soils and the presence of drainless depressions. The high filtration properties of synthetic filter materials, which make it possible to significantly increase the water-receiving capacity of drainage pipes and replace with them the filling of drains with sand and gravel mixture, sand, etc have been considered. A set of measures is recommended using drainage devices that are at the stage of patent solutions, including new elements of the drainage network made of polymer materials that serve to remove excess water from closed depressions. Measures are proposed that increase the intensity of water drainage from excessively waterlogged lands, which provide conditions for highly productive agricultural production.

Keywords: geotextile, drainage, protective and filtering material, absorber columns, drainage system, reconstruction.

Введение

Сельское хозяйство Беларуси в регионах с избыточным увлажнением может успешно развиваться на основе осушения земель. Основными причинами избыточного увлажнения зачастую являются: замедленный поверхностный сток атмосферных вод, западинный (или плоский) рельеф местности, повсеместное залегание с поверхности слабоводопроницаемых почв [1]. Из трех миллионов мелиорированных земель в нашей стране более двух осушено закрытым горизонтальным дрена-

жем. Первые осушительные системы в Беларуси были открытого типа, они устраивались с помощью водосборных канав [каналов].

На территории Беларуси дренаж стал применяться с середины 19 в., когда страна еще входила в состав Российской империи. Керрамический дренаж был заложен вручную в 1853 г. на исследовательском участке в Горечком сельскохозяйственном институте [2].

Осушение земель закрытым выборочным и систематическим дренажем – это прогрес-

сивный, функционально эффективный способ осушения земель, который широко применяется во всем мире. При осушительной направленности мелиорации в нашей стране альтернативы ему в ближайшей перспективе не предвидится.

В климатических условиях гумидной зоны Беларуси на некоторых участках реконструкции мелиоративных систем возникает необходимость повышения интенсивности их осушительного действия при регулировании водно-воздушного режима почв. Выбор способов реконструкции, включающих горизонтальный дренаж, должен базироваться на прогрессивных конструктивных решениях, применении новых основных функциональ-

Результаты исследований и их обсуждение

Реконструкция мелиоративной системы должна основываться на достижениях научно-технического прогресса: применении новых материалов, современных конструкций, увеличивающих положительный эффект от мелиоративных мероприятий, а также использовании более совершенных технологических приемов, уменьшающих затраты труда рабочих и техники.

Уже выработан единый международный подход к основным техническим параметрам пластмассовых дренажных труб. Е. С. Семериновым установлено, что суммарная площадь водоприемных отверстий на 1 м трубы должна быть не менее 30 см² [3]. По исследованиям, проведенным академиком А. И. Мурашко, площадь перфорационных отверстий на 1 метр дренажной трубы должна составлять 38 см² [4], так как дальнейшее увеличение площади перфорации почти не влияет на водоприемную способность дренажных труб, поскольку она лимитируется водоотдачей грунтов. Перфорированные гофрированные дренажные трубы считаются универсальными для применения в различных почвенно-грунтовых условиях.

В современном производстве используются дренажные трубы с площадью перфорации 50 см²/м, поскольку площадь отверстий на 1 м трубы зависит также от диаметра труб: при большем диаметре рекомендована большая площадь отверстий. В отличие от выпускавшихся ранее дренажных труб с круглой перфорацией, сейчас промышленность выпускает

ных элементов, к которым относятся пластмассовые дренажные трубы, синтетические защитно-фильтрующие материалы (далее – ЗФМ), фильтрующие засыпки траншей из природных и синтетических материалов, водопоглощающие элементы, а также такие агромелиоративные мероприятия, как глубокое рыхление и кротование, повышающие технический уровень реконструкции.

Основным элементом водоотведения с осушаемой площади в настоящее время является пластмассовая гофрированная труба (ТГД63-ПЭ80-ЗФП-SN8-9*1,2) с круговой оберткой геотекстильным материалом для защиты от заиления.

трубы с прямоугольными перфорационными отверстиями, что вызывает сужение потока на входе. Данная конструктивная особенность – предпосылка для повторного проведения экспериментов по изучению водоприемной способности труб.

При разработке конструкции узла подключения старого дренажа, пересекаемого при реконструкции новым (рис. 1), исследовалась целесообразность увеличения площади перфорации трубы, используемой для поступления дренажного стока из старых дренажных труб в новые, исключая заиление нового дренажа наносами из существующего дренажа. Конструкция узла подключения технологична в изготовлении и строительстве, малозатратна, надежна и универсальна, может применяться как на пересекаемых дренажных линиях, так и при подключениях без пересечения.

Исследовались варианты полиэтиленовых гофрированных труб с площадью перфорации 50, 143, 236, 330 см². Засыпка из песчано-гравийной смеси (далее – ПГС) не ограничивала приток воды к дренам. В результате проведенных лабораторных экспериментов установлено, что все испытанные варианты обеспечивают необходимую водоприемную способность и требуемую кольцевую жесткость. Предельные значения по кольцевой жесткости не были достигнуты для всех исследованных вариантов, у трубы сохранилось неизменное круглое поперечное сечение. Овальность не зафиксирована.

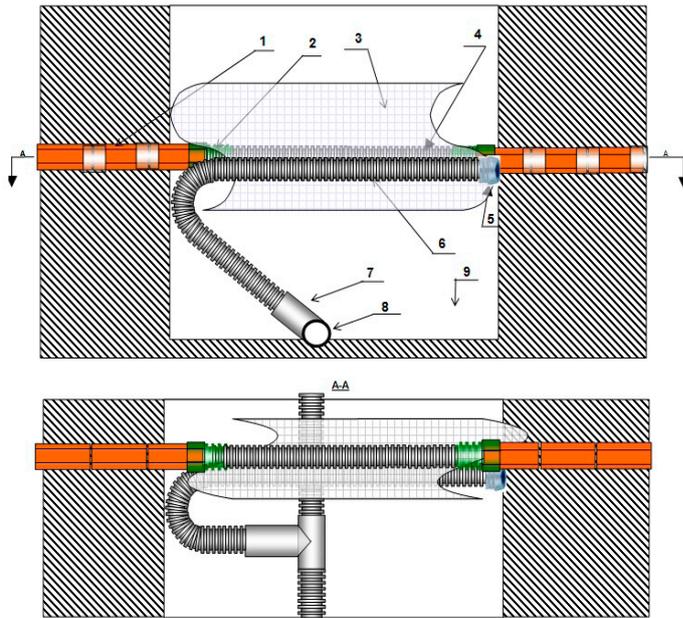


Рис. 1. Узел подключения старой дрены к линии нового дренажа через фильтрующую вставку из дренажной полиэтиленовой трубы:
 1 – старая дрена из восьмигранных керамических труб;
 2 – соединительная муфта из полиэтилена или полиэтилентерефталата;
 3 – полотно ЗФМ;
 4 – вставка из полиэтиленовой гофрированной трубы;
 5 – заглушка;
 6 – принимающая горизонтальная часть;
 7 – тройник;
 8 – новая дренажная линия;
 9 – траншея

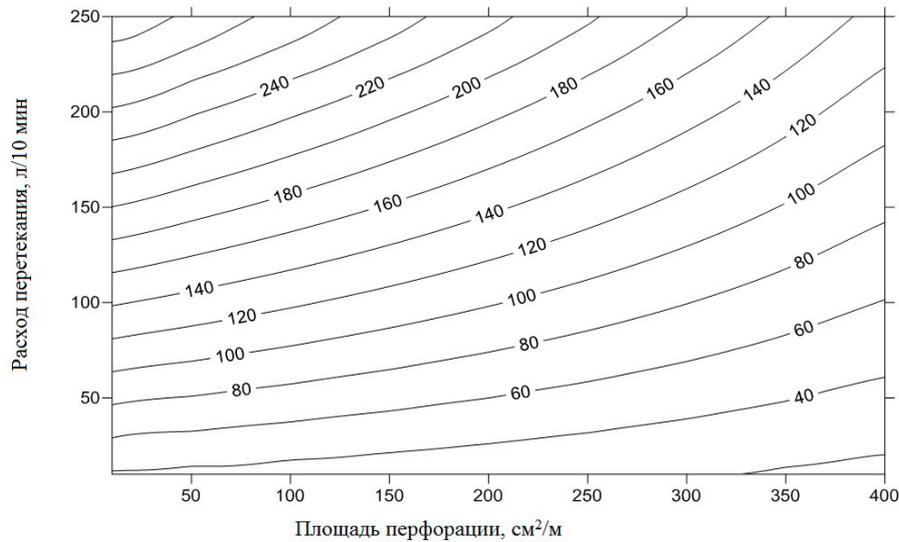


Рис. 2. Зависимость величины потерь напора от площади перфорации на одном погонном метре фильтрующей трубы

Экспериментальные исследования осуществлялись на физических моделях. Получена зависимость потерь напора (Δh) на рассматриваемом соединении, которая является функцией от перетекающего между соединяемыми линиями расхода (q) и используемой площади перфорации метрового отрезка трубы (f), которая представлена в виде двумерной диаграммы на рис. 2 (цифры на изолиниях даны в мм).

Полученные данные показали, что увеличение площади перфорации (при $\Delta h = \text{const}$) в 2 раза (до 100 см²) позволяет увеличить водопримную способность на 7 %, в 4 раза (до

200 см²) – на 25 %, в 6 раз (до 300 см²) – на 70 %. Анализ результатов показал, что для дрен площадь перфорации 40–50 см²/м вполне достаточна, дальнейшее увеличение площади водоприемных отверстий нецелесообразно. Трубы с увеличенной площадью перфорационных отверстий следует применять при обсыпке их хорошо фильтрующим материалом.

В РУП «Институт мелиорации» проведены обширные исследования отечественных нетканых геотекстильных синтетических материалов, потенциально пригодных для применения в качестве защитно-фильтрующих для горизонтального дренажа. Выполнены лабо-

раторные гидравлические и фильтрационные исследования, а также полевые испытания дренажа с различными ЗФМ на опытно-производственных участках в различных природных условиях для определения эффективности и их работы. Разработаны рекомендации по подбору защитных фильтров [5, 6].

Способы осушения тесно связаны с причинами, вызывающими переувлажнение, – такими как рельеф, почвенный покров, месторасположение, тип водного питания, водный режим и морфологический состав слабоводопроницаемых почв, водный режим которых, в свою очередь, обуславливается почвенным покровом, рельефом местности и другими факторами. Режим влажности формируется в зависимости от метеоусловий, и наблюдается его различное распределение по глубине. Слабоводопроницаемые почвы обладают аккумуляющей способностью и высокой степенью набухания.

Слабоводопроницаемые почвы характеризуются большой влагоемкостью и малой влагоотдачей. Водоудерживающая способность и сопротивление почвы проникновению воды очень высоки, поэтому главной задачей фильтров дрен закрытой осушительной сети в таких почвах является увеличение эффективного диаметра трубы. Для связных глинистых и суглинистых грунтов наиболее эффективен объемный фильтр.

Следует иметь в виду, что уплотнение связного грунта протекает в два этапа: на первом происходит разрушение отдельных комьев и исчезновение вследствие этого наиболее крупных вторичных пор, а на втором уменьшается объем первичной пористости. В случае если начальная влажность грунта меньше оптимальной, энергия уплотнения затрачивается, главным образом, на разрушение комьев. Грунт в придренной области стабилизируется, и вокруг трубы в грунте формируется зона с активными микропорами (за счет выноса фильтрационным потоком мельчайших частиц из грунта), через которые вода попадает в дренажную трубу.

На слабоводопроницаемых почвах низкая водоприемная способность труб обусловлена большими потерями напора во входных отверстиях труб из-за сжатия потока поступающей дренажной воды и вероятности перекры-

тия перфорационных отверстий частицами грунта. Для сглаживания негативных явлений этого эффекта и уменьшения градиентов напора и входных скоростей потока применяются объемные фильтры, которые увеличивают эффективный диаметр дрен и повышают ее водоприемную способность, тем самым усиливая осушительную способность закрытого горизонтального дренажа.

Высказано мнение о нецелесообразности использования тонких фильтров в торфяных грунтах и в других почвенно-грунтовых условиях [7]. Исследователи, занимавшиеся оценкой эффективности их применения для обеспечения высокой водоприемной способности осушительного и увлажнительного действия дренажа и испытывавшие новые защитно-фильтрующие материалы отечественного и зарубежного производства (в частности, исследовалось влияние толщины фильтров на их водоприемную способность), установили, что объемные фильтры толщиной 3–30 мм незначительно (на 4–9 %) увеличивают водоприемную способность дренажа по сравнению с тонкими.

Применение объемных фильтров не обеспечивает достаточную водоприемную способность дренажа в слабоводопроницаемых грунтах. При кольматации объемного фильтра водоприемная способность дренажа значительно снижается, поэтому при проектировании дренажа с объемными фильтрами следует проверять их на кольматируемость в пылеватых и супесчаных грунтах [7].

Возникают и другие вопросы, требующие уточнения. Например, одними из актуальных, спорных и сложных являются следующие вопросы: как предотвратить заохривание ЗФМ и перфорационных отверстий дренажных труб железистыми соединениями в торфяных грунтах, какова возможность применения фильтров при наличии окисного и закисного железа в грунтовых водах и как это отразится на работоспособности дренажа в целом? Использование пластмассовых дренажных труб с водоприемными отверстиями дает возможность бороться с заохриванием труб путем подбора размеров отверстий, предотвращающих их закупорку. Это вопрос практически не изучен и требует тщательных, кропотливых исследований. Считается, что некоторые синтетические

материалы на основе полипропилена могут использоваться только при низком содержании железа в грунтовых водах до 4 мг/л, что обусловлено высокой сорбционной способностью тонких элементарных волокон полипропилена.

Традиционно в качестве объемных фильтров для дренажа применяли неструктурные материалы (песок, ПГС, щебень и др.). Сейчас на смену им пришли материалы из бесконечных мономеров на основе полимеров (геотекстиль). Они обладают высокой прочностью и обеспечивают достаточную водоприемную способность перфорированных труб. Такие органические материалы, как кокосовое волокно, солома, мох, вереск и др., обладают высокой пористостью, однако в грунте они разлагаются и срок их службы даже с обработкой против гниения не превышает 10–12 лет. Фильтр из кокосового волокна обладает очень высоким коэффициентом фильтрации (более 200 м/сут.), и этот материал можно считать объемным фильтром дренажных труб. Согласно данным зарубежных исследователей, процесс разложения кокосового волокна в грунте при переменном уровне воды составляет более 10 лет и может достигать даже 40 лет (при постоянном уровне воды) [7]. Кокосовые фильтры используются в США и Европе уже более 70 лет. Исследованиями, проведенными в США еще в 1984 г., установлено, что скорость разложения кокосового фильтра в обычных условиях эксплуатации составляет 1 мм толщины в год, а объем пор в фильтре уменьшился не более чем на 3,9 % за счет разложения и кольматации [7].

На некоторых мелиоративных системах закрытого горизонтального дренажа применяются фильтры из полистирола, преимущество которых является возможность замены засыпки из щебня или ПГС, что позволяет существенно снизить стоимость строительства дренажа.

В настоящее время весьма распространены дренажные трубы с наполнением из пенополистирола между дренажной трубой и геотекстильной фильтрующей оболочкой. Они считаются почти универсальными. Дренаж с геотекстилем в качестве ЗФМ – наиболее подходящий материал для песчаных и супесчаных

традиционной способностью и рекомендуется к применению в водопоглощающих элементах дренажа, особенно при осушении замкнутых понижений на слабопроницаемых грунтах. Конструкции таких труб могут быть весьма разнообразны с учетом большой номенклатуры полимерных труб и заполнителей дренажных траншей. Подбор наиболее эффективных из них должен осуществляться в процессе лабораторных и полевых исследований.

Трубы могут использоваться не только при осушении земель, но и при подпочвенном увлажнении. Их водоприемную способность целесообразно изучать при различных типах фильтрующих геотекстильных материалов.

Применение фильтров из синтетических материалов и геокомпозитов для конструктивных устройств мелиоративных систем является прогрессивным способом проведения мелиораций в современных условиях.

Охарактеризуем конструкции, которые повышают осушительную способность дренажа, разработанные на базе новых конструктивных устройств и полученных по ним патентам.

1. Дренажное устройство (ВУ 15513) [8], принцип действия которого основывается на использовании эффекта пристенной боковой фильтрации за счет расположения фильтрующего материала вертикально вдоль стенки траншеи. Данная конструкция обеспечивает искусственную гидравлическую связь подпахотного горизонта почвы с дренажной трубой, что способствует увеличению притока поверхностной воды за счет продольной фильтрации геотекстильного материала, размещенного вдоль стенки траншеи.

Данная конструкция дренажа апробирована на опытно-производственном участке пластмассового дренажа с торфяно-болотной почвой, подстилаемой мелкозернистым песком (объект «Волма» Минского р-на). В качестве пристенного фильтра использовался геотекстиль «ПНМ-ППВ-Т-150» (ОАО «ПИНЕМА») и «ПНМ-ПЭВ-И-150-С» (ООО «Гронема»). Максимальный модуль стока дрены с пристенным фильтром Гронема составил 0,24 л/с с га, дрены с пристенным фильтром ПИНЕМА – 0,44 л/с с га. Дрены с такой же маркой защитно-фильтрующего материала, но без пристенного фильтра имели максимальный модуль дренажного стока – 0,12 и 0,18 л/с с га

соответственно. Следовательно, при одинаковых природных условиях пристенный фильтр существенно повышает эффективность осушения, увеличивая более чем в два раза модуль дренажного стока [9].

2. Дренажное водопоглощающее устройство (ВУ 17924) [9] предназначено для отвода поверхностных и грунтовых вод из замкнутых понижений и осушения переувлажненных земель. Оно включает в себя терморегулирующий элемент, который передает тепло к подключаемым трубам и дренам из изотермического слоя почвы и расположен ниже глубины ее промерзания; способствует более раннему оттаиванию траншейной засыпки, препятствует ее промерзанию при незначительных заморозках и увеличивает скорость оттаивания в весенний период. За счет уменьшения глубины промерзания грунта дренаж начинает работать в период ранней весны, повышается интенсивность поступления поверхностных вод в дренаж, что способствует эффективности осушительного действия мелиоративной системы.

3. Устройство для осушения бессточных понижений (ВУ 20385) [10] функционирует по принципу действия лучевого водозабора (рис. 3). Оно включает в себя – в центре понижения – потайной колодец-поглотитель, к которому на глубине 0,5–0,7 м подключаются лучевые дрены с терморегулирующими элементами, способствующими уменьшению глубины промерзания почвы над дренами и ускоряющим ее оттаиванию. Траншеи лучевых дрен заполняются хорошо

фильтрующим материалом до поверхности пахотного слоя. Над колодцем устраивается ниша квадратной формы, центральная часть которой заполняется фильтрующей засыпкой из крупнозернистой фракции (щебня, гравия). По краям ниша засыпается фильтрующей засыпкой из мелкозернистой фракции (например, песком).

Данная конструкция представляется наиболее оптимальной по эффективности осушительного действия бессточных понижений площадью более 0,5 га, так как в случае ее применения отпадает необходимость устройства дренажных систем с колонками-поглотителями.

Одним из перспективных направлений в решении вопроса о повышении осушительного действия дренажа на тяжелых почвах может оказаться разработка и внедрение сборных колонок-поглотителей с применением в них новых полимерных материалов. Задел в Институте мелиорации уже имеется.

Изготовление колонки может быть организовано индустриальным способом. Ее строительство на мелиоративных объектах будет более оперативным по сравнению с существующими способами устройства колонок-поглотителей на месте установки.

Колонка-поглотитель может устраиваться как в бессточных понижениях, так и пунктирно по всей длине дрен. С учетом принципа действия существующих водопоглощающих устройств пропускная способность колонки будет более высокой, особенно на базе применения полимерных геокомпозитов. Это позволит увеличить

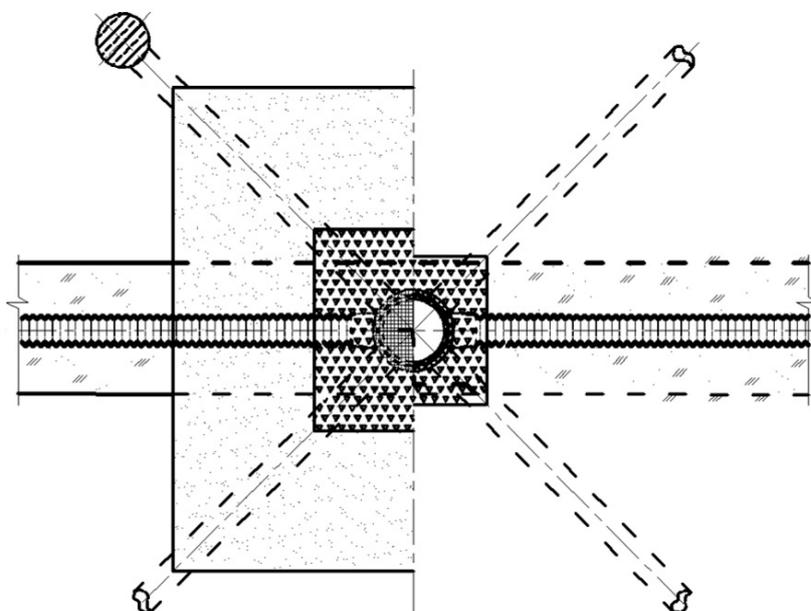


Рис. 3. Устройство для осушения бессточных понижений (ВУ 20385)

интенсивность отвода поверхностных и грунтовых вод и тем самым улучшить условия для ведения сельскохозяйственного производства на мелиорируемых землях.

Рекомендуемые мероприятия с применением горизонтального дренажа служат для достижения оптимизации требуемого водного режима корнеобитаемого слоя на слабоводопроницаемых почвах.

Для исключения кольматации мельчайшими частицами грунта из пахотного горизонта верхней части фильтрующей засыпки следует периодически (1 раз в течение 3–5 лет) проводить кротование либо щелевание почвы поперек дренажных линий с переменной глубиной. Помимо разрушения слабофильтрующей прослойки в верхней части дренажных засыпок, вышеуказанные приемы позволяют повышать аэрацию почвы в засушливый период и дополнительно отводить излишки влаги после выпадения осадков.

Выводы

1. Проанализированы технические и фильтрационные возможности конструктивных элементов дренажной системы, применяемых при осушении переувлажняемых земель со слабоводопроницаемыми почвами.

2. Установлена целесообразность более дифференцированного применения фильтрующих материалов дрен с учетом предотвращения их заохривания железистыми соединениями в грунтовых водах.

Первоначальную оценку состояния и степени работоспособности закрытого дренажа лучше всего проводить по результатам последовательных наблюдений за осушенной поверхностью: весной – после завершения снеготаяния (анализ размеров и местоположения перувлажненных участков, препятствующих почвообработке), в любое время года – через неделю после ливневых осадков (в конце лета – в момент созревания зерновых), а также в процессе технического ухода с последующим уточнением (при необходимости) надлежащих мероприятий при составлении проектной документации.

Все вышеизложенное направлено на то, чтобы реконструкция мелиоративных систем проводилась на современном техническом уровне и ее конечным результатом являлось создание условий для высокоэффективного сельскохозяйственного использования мелиорированных земель и получения конкурентоспособной продукции.

3. Отмечена способность синтетических и органических объемных фильтров увеличивать эффективный диаметр дрен и их водопримную способность.

4. Предложен комплекс мероприятий по улучшению осушительного действия дренажа на слабоводопроницаемых минеральных грунтах с учетом применяемых материалов, гидрогеологических условий и водопоглощающих конструкций.

Библиографический список

1. Казьмирук, И. Ч. Влияние физико-химических свойств слабоводопроницаемых почв на способы реконструкции мелиоративных систем / И. Ч. Казьмирук // Мелиорация. Современные методики, инновации и опыт практического применения : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 19–20 окт. 2017 г. / РУП «Институт мелиорации» ; редкол.: Н. К. Вахонин [и др.]. – Минск, 2017. – С. 69–73.

2. Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. 180 лет / сост.: В. В. Великанов, А. А. Герасимович, А. С. Четкин. – Гомель : Изд. дом «Вечерний Гомель-медиа», 2020. – 436 с.

3. Семеринов, Е. С. Влияние фильтров на водопримную способность дренажа / Е. С. Семеринов // Расчет, конструкции и эффективность осушительно-увлажнительных систем в Нечерноземной зоне РСФСР : сб. науч. тр. / Сев. НИИ гидротехники и мелиорации ; А. И. Климко (гл. ред). – Ленинград, 1983. – С. 75–84.

4. Мурашко, А. И. Сельскохозяйственный дренаж в гумидной зоне / А. И. Мурашко. – Москва : Колос, 1982. – 272 с.

5. Митрахович, А. И. Рекомендации по применению геотекстиля TYPAR@SF в качестве защитно-фильтрующего материала полиэтиленового дренажа в мелиоративном строительстве / А. И. Митрахович, В. М. Макоед, А. П. Сергееня ; Нац. акад. наук Беларуси, РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию», РУП «Институт мелиорации». – Минск, 2015. – 52 с.

6. Митрахович, А. И. Рекомендации по применению полимерных материалов для защиты дренажа от заиления в различных почвенно-грунтовых условиях / А. И. Митрахович, И. Ч. Казьмирук ; Нац. акад. наук Беларуси, РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию», РУП «Институт мелиорации». – Минск, 2019. – 65 с.

7. Федорова, В. С. Применение фильтрационных материалов при устройстве горизонтального дренажа / В. С. Федорова, Н. В. Шешенев // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования – 2021 : сб. ст. Второй Нац. науч. конф., Москва, 8 дек. 2021 г. / Нац. исслед. Московский гос. строит. ун-т. – Москва, 2022. – С. 962–968.

8. Дренажное устройство : пат. ВУ 15513 / В. Т. Климков, А. И. Митрахович, И. Ч. Казьмирук. – Оpubл. 28.02.2012.

9. Казьмирук, И. Ч. Влияние защитно-фильтрующих материалов на работу закрытой осушительной сети на торфяных почвогрунтах / И. Ч. Казьмирук, А. И. Митрахович // Мелиорация. – 2016. – № 4 (78) – С. 24–33.

10. Дренажное водопоглощающее устройство : пат. ВУ 17924 / А. И. Митрахович, Н. М. Авраменко, В. Н. Кондратьев, И. Ч. Казьмирук. – Оpubл. 28.02.2014.

11. Устройство для осушения бессточного понижения : пат. ВУ 20385 / А. И. Митрахович, И. Ч. Казьмирук, Н. М. Авраменко. – Оpubл. 29.11.2016.

Поступила 10 июня 2024 г.