

ВОДОПОГЛОЩАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА РАБОТЫ ДРЕНАЖА

З. Ю. Арганистова¹, аспирант

Ю. А. Мажайский², доктор сельскохозяйственных наук

М. И. Голубенко³, заслуженный изобретатель Российской Федерации

Ю. Н. Дуброва¹, кандидат технических наук

¹УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки, Беларусь

²Мещерский филиал ФГБУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.И. Костякова», г. Рязань, Россия

³ООО «Мещерский научно-технический центр», г. Рязань, Россия

Аннотация

Приведены новые конструкции элементов отвода и очистки дренажного стока с фильтрующей засыпкой подвешенных контейнеров (емкостей) в конце дрены. Показана эффективность их работы по удалению загрязнения минерализованных дренажно-сбросных вод, что обеспечит существенное улучшение сброса воды и ее использование повторно для орошения.

Ключевые слова: дренажное устройство, фильтрующая засыпка, закрытый дренаж.

Abstract

Z. Y. Arganistova, Y. A. Mazhayskiy, M. I. Golubenko, Y. N. Dubrova

WATER-ABSORBING DRAINAGE DEVICES

The article presents new designs of drainage and cleaning elements with filtration filling of suspended containers (containers) at the end of the drain. The effectiveness of their work on removing contamination of mineralized drainage and waste waters is shown, which will ensure a significant improvement in water discharge and its reuse for irrigation.

Keywords: drainage devices, filtering backfill, ground drainage.

Введение

Мелиорация земель и водохозяйственное строительство являются составной частью комплекса мероприятий по созданию материально-технической базы сельского хозяйства, и функционирование мелиоративно-технических средств оценивается прежде всего по результатам сельскохозяйственного производства. Мероприятия нацелены на отвод как поверхностных вод, так и избыточной воды из корнеобитаемого слоя почвы [1]. Например, в 1999 г. на орошаемых землях России объем дренажного стока составил примерно 50 % от водозабора воды на орошение.

Общеизвестно, что работа дренажных устройств, выполняющих функцию отвода подземных вод из водонасыщенной толщи, создается подземным искусственным путем. Для этого в почве прокладывают дрены, которые непосредственно отбирают воду из грунта и выводят в естественные водоприемники

(реки, озера, овраги, пруды, водохранилища и т. д.).

Для рационального использования водных ресурсов, повышения ценности экосистемных услуг, предотвращения процессов деградации земельных угодий и загрязнения водных объектов, а также поддержания экологической устойчивости мелиорируемых агроландшафтов необходимо улучшать качества дренажно-сбросных вод и способствовать их повторному использованию в целях орошения. В связи с этим важна разработка конструкции системы и технического обеспечения очистки дренажно-сбросных вод для их повторного применения на оросительных системах с целью рационального водопользования.

В большинстве случаев дренаж не в состоянии обеспечить должную очистку вод, поэтому дренажный сток перед сбросом должен подвергаться очистке до нормативных значе-

ний с использованием бассейна-накопителя и узла доочистки. Для охраны водных объектов, предотвращения их загрязнения и засорения устанавливаются нормативно предельно допустимые сбросы химических, биологических веществ и микроорганизмов в водные объекты. Основные параметры расчета дренажа (определение модуля дренажного стока и управление водного баланса) приведены в Ведомственных строительных нормах (далее – ВСН) 33-2.203-86 и в пособии к данному документу¹.

В то же время в Беларуси при проектировании отвода поверхностных вод из замкнутых понижений в дренажную сеть на слабопроницаемых почвах применяют колонки-поглотители, в которых поступление поверхностной воды в дренаж происходит только в полосе траншеи с заданной шириной [2–3]. Расчеты

Материалы и методы исследования

С целью решения проблемы отвода и очистки дренажного стока нами разработано устройство в конце устья дрены для получения дополнительных объемов чистой воды (см. рис. 1).

В его основе – обычно применяемые сбросные устья дренажей проектируемых объектов, когда в период орошения сельскохозяйственных культур используется закрытый дренаж для сброса воды в открытые коллекторы.

В процессе анализа ряда разработок дренажных устройств были предложены новые конструктивные решения для повышения эффективности осушения и очистки дренажного стока от загрязнения: в конце устья дрены были созданы дополнительно устройства – вертикальные колодцы-поглотители с подвешенными контейнерами, имеющими на стропах-тросах фильтрующий материал.

Контейнеры в виде юбки (емкости) выполнены из пустотелых трубок в виде круглой решетки, днище – плоским и скрепленным отходящими от него аналогичными пустотелыми патрубками в виде решетки. Юбка, обхватывающая корпус контейнера, выполнена из эластичного водонепроницаемого мате-

основываются на коэффициенте фильтрации засыпки и коэффициенте фильтрации пахотного слоя, которые влияют на водопроницаемость конструкции.

Целью наиболее рационального способа отвода и очистки дренажного стока осушительной системы является снижение отвода дренажного стока во влажные периоды и его использование на увлажнение осушенных земель в засушливые периоды вегетации. Так, предложена конструкция по разработанному нами патенту «Система отвода и очистки дренажных вод осушительной системы»². Она включает устьевую трубу, которая выходит на откос дренажного коллектора, снабженного многоступенчатыми секциями колодцев-поглотителей открытого типа, соединенных водопропускными трубами с насадками аэраторами, предлагается использовать.

риала типа спанбонда из двух слоев. Емкость загружают послойно – в нижнюю часть гравий или крупный песок, верхнюю часть засыпают песком, причем коэффициент фильтрующего элемента каждого последующего слоя относительно предыдущего уменьшается не менее чем на 1 м/сут (можно также использовать шлак или синтетические отходы легкой промышленности с грунтом).

Каждый контейнер (емкость для поступления дренажной воды) принимают глубиной от 1 до 1,5 м, причем количество его ступеней по длине трассы составляют не менее 4 м. На каждой ступени происходит очистка от взвешенных частиц, а биогенные вещества поглощаются фильтрующим элементом. При этом можно с помощью подъемных механизмов легко проводить замену подвешенных контейнеров из юбки с фильтрующими элементами новыми устройствами. При этом сами колодцы после освобождения от дренажной воды могут быть очищены внутри просто вручную – посредством таких подручных средств, как лопата и ведро; для поглотительных колодцев используют механическую драгу.

¹ Мелиоративные системы и сооружения. Дренаж на орошаемых землях. Нормы проектирования: ВСН 33-2.2.03-86 01.01.1987. Введ. 30.07.1986. Москва: Союзгипроводхоз, 1987 г. 52 с.

² Система отвода и очистки дренажных вод осушительной системы: пат. RU № 2843299, МПК E02B 11/00, A01G 25/00 / 3. Ю. Арганистова, Ю. А. Мажайский, М. И. Голубенко. Заявл. 11.07.2025.

Результаты исследования и их обсуждение

На первом этапе работы проанализированы все имеющиеся последние разработки в этой области на уровне патентов, которые могут быть приняты как основополагающие для внедрения в производственную практику с учетом экологической эффективности и работоспособности, а также новое техническое решение, защищенное патентом.

Схема предлагаемого нового технического решения для отвода и очистки дренажного стока осушительной системы показана на рис. 1.

В конце устья дрены размещают вертикально расположенные по длине откоса открытого сбросного коллектора многоступенчатые секции в виде поглотительных колодцев, последовательно соединенные между собой водопропускными трубками, – один ниже другого. Поглотительные колодцы имеют внутри себя размещенный фильтрующий элемент, состоящий из контейнеров. Контейнеры покрыты эластичным материалом в виде юбки, которая внутри снабжена дополнительно пустотелыми кольцевыми ободами, соединенными между собой с помощью пустотелых трубок в виде решетки. Корпус каркаса контейнеров выполняют из полиэтиленового материала. Верхняя часть открытого корпуса контейнера имеет стропы-тросы с монтажной петлей. Контейнеры подвешены над дном поглотительного колодца. Юбка выполнена из эластичного материала, полость которой заполняют последовательно в высоту по три слоя: нижняя часть покрывается водопроницаемым геотекстилем, средняя часть засыпается гравием или крупным песком, а

верхняя часть – песком. Геотекстиль обеспечивается устойчивостью к воздействию кислот, щелочей и других агрессивных веществ, содержащихся в дренажной воде. Синтетические волокна не подвержены гниению, им не страшна влага, мороз, жара, прямые солнечные лучи. Срок его использования – не менее 30 лет. В целом применение данных материалов удешевляет строительство. Такая конструкция создает искусственную гидравлическую связь сбросной дренажной воды (стока) в устье, обеспечивает фильтрацию каждого последующего слоя в конце дрены относительно предыдущего, уменьшающегося не менее чем 1 м/сут.

Дренажное устройство в конце дрены работает следующим образом: вода, собранная в дрене, истекает из устьевой трубы 1, поступает на поверхность фильтрующего элемента подвешенного контейнера 2, выполненного из каркаса, и фильтруется через слой из непромокаемых материалов (например, песка и других вышеотмеченных материалов); все это засыпают в юбку 3. Вода стекает через днище контейнера вниз, полотно геотекстиля – не менее двух слоев. Поглотительные колодцы 4 покрыты внутри по периметру и дну водонепроницаемым полотном материала геотекстиля.

Высокий коэффициент вертикальной фильтрации обеспечивает быстрый отвод избыточных вод на дно поглотительного колодца 4. В конце очищенная вода поступает в линейный коллектор 5 или в водоприемник на повторное использование.

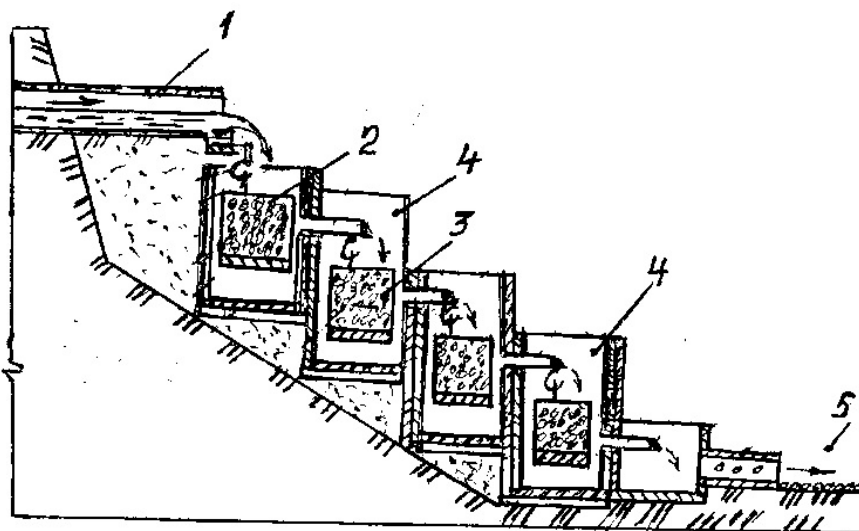


Рис. 1. Схема водопоглощающего устройства и очистки дренажного стока

Последовательная обработка дренажных вод, поступающих через каскад линейных очистных сооружений, не только обеспечивает очистку вод фильтрующими элементами, но одновременно гасит энергию дренажного потока по пути его движения. Контейнер с юбкой, заполненной фильтрующим материалом, можно периодически заполнять новым аналогичным материалом.

Фильтр из крупнозернистой фракции, слоисто размещенный в придонной части контейнера, имеет диаметр частиц более 10 мм, а из мелкозернистой фракции (песок) в верхней части контейнера – диаметр частиц более 0,2 мм. Придонная часть крупнозернистой фракции защищает нижний водопроницаемый (на днище) материал из геотекстиля от его засорения, а суммарная протяженность поглощения колодцев-поглотителей с подвешенными контейнерами и объемным фильтром рассчитывается в зависимости от фильтрационных свойств материалов, заполненных в юбке контейнера (что связано с максимально поступающим объемом дренажного стока).

В практике строительства дренажа в аридной зоне при осушении дренажные трубы принимаются диаметром от 100 до 150 мм, что обеспечивает возможность их промывки от заиливания. Если расчеты показывают, что диаметр дренажных труб более 150 мм, то прокладывают параллельно несколько дренажных трубопроводов по 100 мм, при этом трубы должны быть заложены ниже глубины промерзания почвы для конкретной террито-

рии, что обеспечивает отвод воды в холодное время. Кроме того, конструкция позволяет проводить вспашку и другие виды работ по уходу за сельскохозяйственными культурами.

Химический состав дренажно-сбросных вод весьма разнообразен и зависит от регионального гидрохимического режима, соответствует природным закономерностям галогеохимических процессов, так как включает в себя следующие ионы: HCO_3 , Cl , SO_4 , Ca , Mg , Na , а также pH.

Исследования показывают, что при средней минерализации 2,5 г/л в водные объекты может поступать от 10 до 25 млн т различных солей в год. Помимо основных химических элементов, в дренажном стоке присутствуют различные загрязнители: пестициды, аммонийный и нитратный азот, фосфор, соли тяжелых металлов. Зная объем дренажного стока W_d , можно определить количество загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты, по формуле

$$V = (W_d + C_1),$$

где C_1 – концентрация любого загрязняющего вещества, мг/л [4–5].

Предлагаемое техническое решение и его конструкция способствуют решению указанной задачи. В качестве примера рассмотрено дренажное устройство слабопроницаемого грунта¹, предназначенное для отвода поверхностных и грунтовых вод и осушения переувлажненных полевых почв.

На рис. 2 показана новая конструкция сооружения согласно [6].

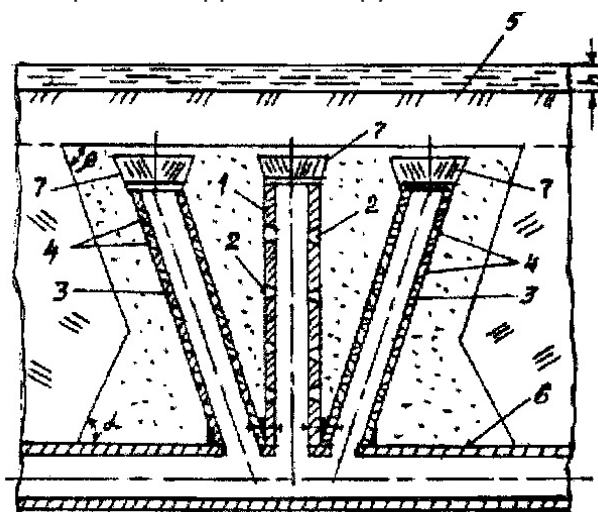


Рис. 2. Дренажное устройство [6]

¹ Устройство для осушения бессточного понижения: пат. ВУ № 20385, МПК E02B 11/00 (2006.01). № а 20121646. Опул. 30.08.2016 / А. И. Митрахович, И. Ч. Казьмирук, Н. М. Авраменко. Минск, 2012. 4 с.

Устройство включает вертикальную перфорированную трубу 1 с конусным отверстием 2. Дополнительные фильтрующие трубы 3 V-образной формы с дырчатыми отверстиями 4 под наклоном к основанию подошвы пахотного слоя 5 выполнены с обеих сторон вертикальной трубы 1, соединены в нижней части ее основания в узле сопряжения с дренажной трубой 6. Трубы 1 и 3 в верхней части имеют съемную фильтрующую крышку 7. Высота фильтрующих труб 1 и 3 ограничена сверху пахотным слоем 5 мощностью 30–40 см для предотвращения разрушения почвообрабатывающими механизмами, а также возможности осушения поглощающими трубами подпахотного слоя. Фильтрующие трубы 3 имеют уклон в сторону вертикальной трубы 1 в месте соединения с дренажной трубой 6 в виде «раскрытого лепестка». При этом отверстия 4, просверленные наклонно под углом 30–40 градусов к основанию подошвы пахотного слоя 5, заставляют воду при избыточном напоре двигаться внутрь перфорированной трубы 3. Скорость по направлению к ним возрастает из-за наклона труб к дренажной трубе 6. Происходит перераспределение оттока воды между наклонной трубой 3 и вертикальной 1.

В результате водозаборная приемная часть дренажной трубы 6 в узлах сопряжения с трубами приобретает большую площадь, чем выход из цилиндрической вертикальной трубы 1. Происходит соударение потоков, и они гасятся, благодаря чему достигается уменьшение удельного давления на дно дренажной трубы 6. Вокруг труб 1 и 3 до пахотного слоя насыпают фильтрующую засыпку (песчаную, песчано-гравийную или смесь песка с синтетическими рассыпными материалами). Наличие мелкозернистой фракции вокруг дренажных труб по форме выполнения с засыпкой предотвращает поступления наносов в трубы с наклонными отверстиями, предотвращая их заиливание.

Работа устройства в значительной степени зависит от глубины промерзания почвы и ее оттаивания.

Целесообразно также указать на предложенные новые технические решения в данной области, снижающие опасность переосушения земель [7–11]. Эти устройства повышают надежность функционирования дренажа, они могут использоваться на мелиорируемых объектах в конкретных природных условиях.

Библиографический список

1. Азява, Г. В. Опыт проектирования мелиоративных систем на тяжелых грунтах / Г. В. Азява // Мелиорация и вод. хоз-во. – 1991. – № 6. – С. 12–15.
2. Смирнов, А. М. Расчет поглотительных колонок на дренах / А. М. Смирнов // Мелиорация и вод. хоз-во. – 1990. – № 10. – С. 31–34.
3. Анженков, А. С. Новые конструктивные решения насадов промысловых / А. С. Анженков, В. А. Болбышко, Н. Н. Погодин // Мелиорация. – 2021. – № 3 (97). – С. 5–11.
4. Об утверждении Методических указаний по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты : приказ М-ва природ. ресурсов Рос. Федерации от 12 дек. 2007 г. № 328 // КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_74470/ (дата обращения 22.01.2025).
5. Об утверждении Методики разработки нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты для водопользователей : приказ от 29 дек. 2020 г. № 1118 // КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_373522/ (дата обращения 22.01.2025).
6. Патент RU № (11) 2 576 175⁽¹³⁾ C1, МПК E02B 11/00. Дренажное устройство слабопроницаемого грунта : № 2014152447/13 : заявлено 23.12.2014 : опубл. 27.02.2016 / Голубенко М. И. ; заявитель Голубенко М. И. – URL: <https://patenton.ru/patent/RU2576175C1.pdf> (дата обращения: 12.06.2025).
7. Патент RU № 2714837⁽¹³⁾ C1, МПК E02B 13/00. Дренажный колодец-поглотитель для приема и отвода поверхностных вод : № 2019113288 : заявлено 29.04.2019 : опубл. 19.02.2020 / Голубенко М. И. ; заявитель Голубенко М. И. – URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/68/8c/a2/d2b35c52241d2a/RU2714837C1.pdf> (дата обращения: 22.06.2025).

8. Патент RU № (11) 2576121⁽¹³⁾С1, МПК E02B 11/00. Способ осушения замкнутых понижений рельефа : № 2014152398/13 : заявлено 23.12.2014 : опубл. 27.02.2016 / Голубенко М. И. ; заявитель Голубенко М. И. – URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/36/39/d1/01b503b52946e2/RU2576121C1.pdf> (дата обращения: 22.06.2025).

9. Пат. RU № 2547406⁽¹³⁾С1. МПК E02B 11/00, E03F. Дренажная система : № 2013159309/13 : заявлено 30.12.2013 : опубл. 10.04.2015 / Голубенко М. И. ; заявитель Голубенко М. И. – URL: <https://patenton.ru/patent/RU2547406C1.pdf> (дата обращения: 22.06.2025).

10. Патент RU № (11) 2 614 584⁽¹³⁾ С1, МПК E02B 11/00. Дренажный колодец : № 2015154944 : заявлено : 21.12.2015 : опубл. 28.03.2017 / Голубенко М. И. ; заявитель Голубенко М. И. – URL: <https://patenton.ru/patent/RU2614584C1.pdf> (дата обращения: 12.06.2025).

11. Патент RU № 2561436⁽¹³⁾ С1, МПК E02B 11/00. Осушительно-увлажнительная система : № 2014122636/13 : заявлено 21.12.2015 : опубл. 27.08.2015 / Голубенко М. И. ; заявитель Голубенко М. И. – URL: https://viewer.rusneb.ru/ru/000224_000128_0002561436_20150827_C1_RU?page=1&rotate=0&theme=white (дата обращения: 22.06.2025).

Поступила 18 августа 2025 г.