

УДК 621.315.614

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДРЕНАЖА НА БАЗЕ НОВЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

А.И. Митрахович¹, кандидат технических наук, доцент,

И.Ч. Казмирук², кандидат технических наук,

В.Н. Кондратьев¹, доктор технических наук, профессор,

Н.М. Авраменко³, кандидат технических наук

¹ РУП «Институт мелиорации»

г. Минск, Беларусь

² Белорусский национальный технический университет

г. Минск, Беларусь

³ РУП «Полесская опытная станция мелиоративного земледелия и луговодства»

Лунинецкиц р-н, Беларусь

Аннотация

В статье приведены новые конструкции элементов дренажа для повышения эффективности осушительного действия в сложных природных условиях при наличии замкнутых понижений на мелиоративных объектах, сложенных слабоводопроницаемыми почвами. Некоторые из предлагаемых конструкций апробированы в полевых условиях с положительным эффектом.

Отмечается, что реконструкция, проходящая в настоящее время, требует тщательного учета опыта проектирования и эксплуатации мелиоративных систем предшествующего периода и применения новых перспективных, экономически оправданных решений.

Ключевые слова: водоприемная способность, дренажное устройство, геотекстиль, закрытый дренаж, мелиорация, осушительная сеть, фильтрующая обсыпка

Abstract

A.I. Mitrakhovich, I.Ch. Kazmiruk, V.N. Kondratyev, N.M. Avramenko

ENHANCING THE EFFICIENCY OF DRAINAGE USING NEW CONSTRUCTION ELEMENTS

The article describes new elements of drainage aimed to improve the efficiency of drainage in hard weather conditions on closed depressions of reclamation objects composed of slightly water permeable soils. Some of presented constructions were tested in field condition and showed positive results.

The ongoing reconstruction needs careful consideration of the experience in the design and operation of land reclamation systems of the previous period and the application of new promising, economically justified solutions.

Keywords: water permeable ability, drainage unit, geotextile, ground drainage, reclamation, drainage network, filter back filling

Введение

Исследования последних лет в области применения горизонтального дренажа при осушении слабоводопроницаемых почв показывают, что он не всегда может обеспечить водный режим, требуемый для ведения интенсивного сельскохозяйственного производства. Основными причинами переувлажнения минеральных почв являются неблагоприятные водно-физические свойства почвенного профиля, наличие замкнутых микро- и макропонижений, в которых застаиваются атмосферные осадки и талые воды. В большинстве случаев дренаж не в состоянии обеспечить своевременный отвод поверхностных вод без дополнительных агро-мелиоративных, агротехнических и гидротехнических мероприятий. По своему

функциональному назначению мероприятия предназначаются для отвода поверхностных вод и отвода избыточной воды из корнеобитаемого слоя почвы [1]. До настоящего времени достоверно не установлено, как влияет фильтрационная способность элементов закрытого дренажа на эффективность его работы. Оптимизация водного режима на суглинистых почвах, характеризующихся низкой водопроницаемостью, редко достигается применением горизонтального дренажа без дополнительных мероприятий. При заполнении дренажной траншеи грунтом обратной засыпки очень быстро восстанавливаются его исходные свойства. Следует учитывать, что на слабоводопроницаемых почвах основная масса избыточной воды образуется на границе пахотного и подпахотного

го слоев и поступает в дрены преимущественно по стенкам дренажной траншеи (эффект пристенной боковой фильтрации). Полевыми исследованиями Густафсона [2] и опытами СевНИИГиМа установлено, что в слабоводопроницаемых грунтах вследствие низкой водопроницаемости подпахотного слоя с коэффициентом фильтрации порядка 0,005 м/сут. основная масса избыточной воды (43 %) поступает в дрены по пахотному слою, 28 % – по поверхности и 29 % – по подпахотному [3]. Таким образом, можно констатировать, что обеспечение свободного истечения воды из пахотного слоя, оказывает большое влияние на формирование дренажного стока. В таких грунтах имеет место и эффект пристенной боковой фильтрации вдоль стенок дренажной траншеи, поскольку они являются границей между нарушенным грунтом и грунтом, находящимся в естественном состоянии.

Большое влияние на дренажный сток имеет и глубина промерзания грунта. Чем меньше глубина промерзания, тем раньше начинается сток из дрен, тем быстрее достигается требуемый водный режим на осушаемой площади.

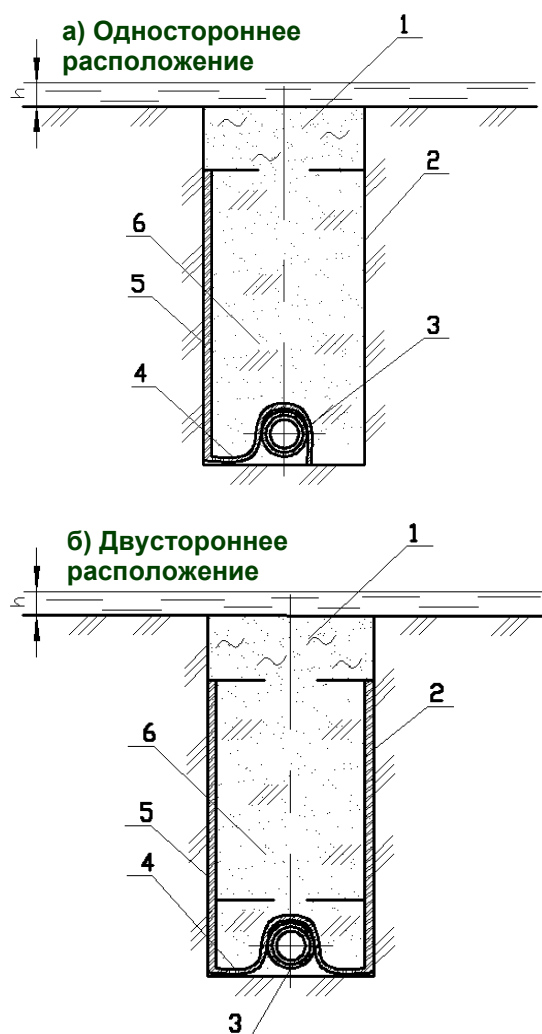
Основная часть

Конструкция «Дренажное устройство»

Реконструкция осушительных систем, проходящая в настоящее время, требует тщательного учета опыта проектирования и эксплуатации мелиоративных объектов в предшествующий период и применения новых перспективных, экономически оправданных решений. Следует обобщить проявившиеся негативные явления по осушительному действию, выяснить их причины, найти пути исключения их в будущем, основываясь на применении новых решений, перспективных и экономически выгодных в таких условиях. На первом этапе работы целесообразно проанализировать имеющиеся новейшие разработки в этой области на уровне патентов, которые могут быть приняты как основополагающие для внедрения в производственную практику с учетом экономической эффективности и их работоспособности. Одним из таких конструктивных решений является «Дренажное устройство» (патент ВУ 15513) [4], предназначенное для повышения эффективности осушения за счет увеличения водоприемной способности дрен. Достигается это путем устройства в дренажной траншее вертикально расположенного пристенного

фильтра из геотекстильного материала на всю глубину траншеи, который усиливает самопроизвольно возникающий эффект пристенной боковой фильтрации в дренажной траншее. Такая конструкция создает искусственную гидравлическую связь подпахотного горизонта с дренажной трубой, обеспечивая увеличение притока поверхностной воды к дрене за счет продольной фильтрации по геотекстильному материалу при коэффициенте продольной фильтрации, как минимум в 10 раз превышающем коэффициент фильтрации грунта. Фильтрующее геотекстильное полотно устанавливается с одной или двух сторон дренажной траншеи по всей ее длине или прерывисто. Схема конструкции приведена на рисунке 1.

Дренажное устройство (рисунок 1 а, б) работает следующим образом: поверхностная вода посту-



1 – пахотный горизонт; 2 – стенки дренажной траншеи; 3 – дренажная труба; 4 – горизонтальный участок; 5 – пристенный фильтр; 6 – траншейная засыпка

Рисунок 1. – Схема дренажного устройства

пает через пахотный горизонт 1 в засыпку 6 дренажной траншеи вынутым грунтом. Поскольку грунт слабопроницаемый, основное количество воды фильтрует через геотекстильное полотно 5, имеющее на дне дренажной траншеи горизонтальный участок 4, посредством которого вода попадает в пластмассовую дренажную трубу с защитно-фильтрующим материалом 3 и отводится в водоприемник. Устройство также служит для отвода излишков воды из дренажной засыпки 6. Высокий коэффициент продольной фильтрации элемента 5 обеспечивает быстрый отвод избыточных вод с поверхности и из корнеобитаемого слоя почвы.

Применение данного устройства при осушении слабопроницаемых грунтов существенно усилит осушительное действие дренажа и уменьшит затраты на строительство, поскольку не потребуются строительства дорогостоящих водопоглотительных колонок или засыпок дренажных траншей фильтрующим материалом. Оно может быть использовано и в других грунтах, где требуется быстрый отвод поверхностной воды.

Конструкция «Дренажное устройство» с пристенным фильтром из геотекстиля АкваСпан Ф-И-120 была испытана в лабораторных условиях в грунтовой лотке с торфом. В результате определена водоприемная способность дрены с пристенным фильтром и без него. На графике (рисунок 2) приведены результаты испытаний. Водоприемная способность дренажной трубы с пристенным фильтром

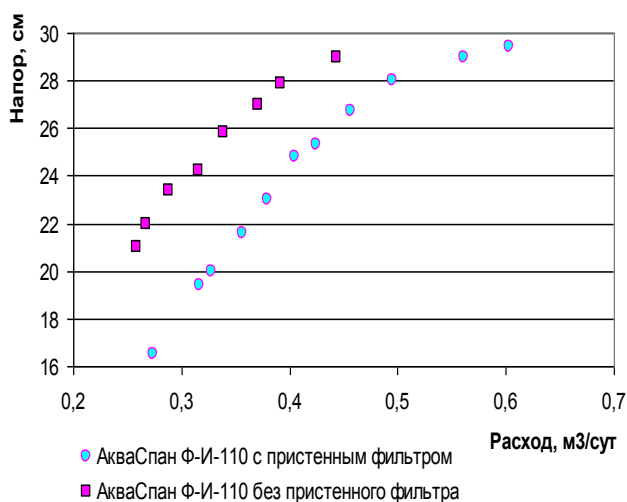


Рисунок 2. – Водоприемная способность 1 метра дренажной трубы в торфе с «Дренажным устройством», определенная в лабораторных условиях

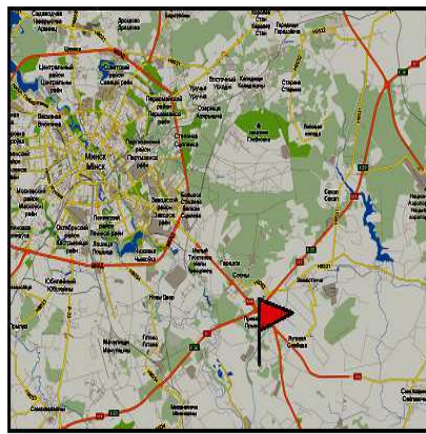
на 20–30 % выше, чем без него. Так, при равном напоре воды над дреной в 28 см расход воды из дрены без пристенного фильтра составил 0,39 м³/сут., а с ним – 0,50, т.е. увеличение расхода составило 22 % [5].

После получения положительных результатов в лабораторных условиях конструкция была апробирована на опытно-производственном участке «Волма». Схема опытно-производственного участка приведена на рисунке 3. Пристенный фильтр устраивался из геотекстильного материала Гронема И-150-С (дрена 33, показана зеленым цветом) и геотекстильного материала ПИНЕМА Т-150 (дрена 23, показана оранжевым цветом). Полотно крепилось к стенке траншеи деревянными спицами. На рисунке 6 приведены фрагменты строительства дрен с пристенным фильтром из геотекстильного материала.

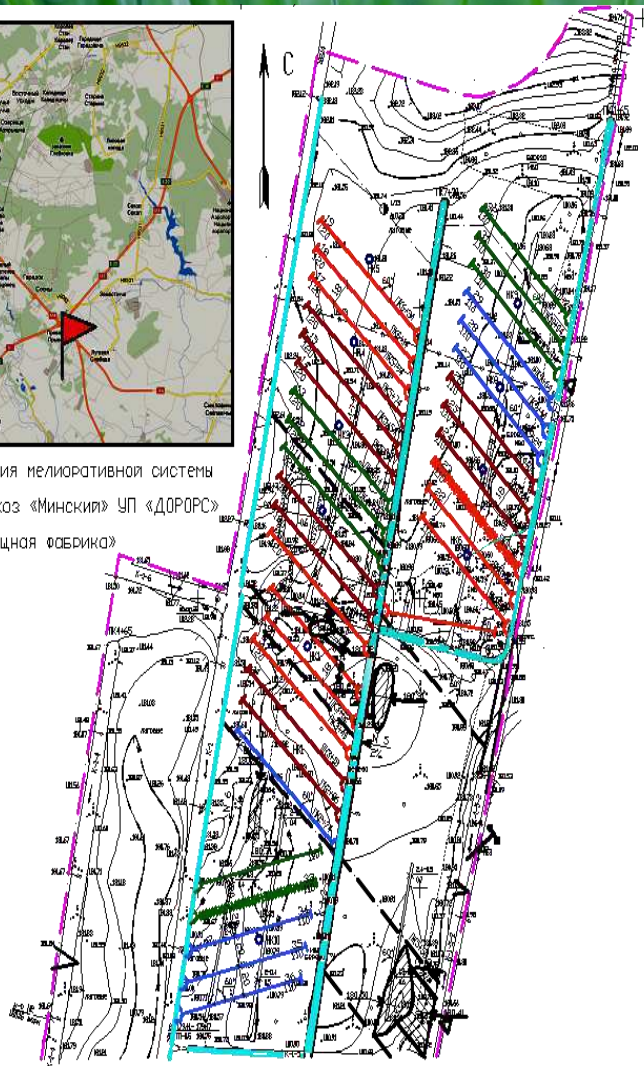
На опытно-производственном участке «Волма» в составе почвенного покрова ранее мелиорированных земель торфяно-болотные почвы низинного типа занимают большую часть осушаемой территории. Мощность торфяной залежи различная по участкам, максимальная – 1,5 м. Торф на объекте древесный со степенью разложения 35–40 %. Подстиляется, в основном, мелкозернистыми песками, иногда с супесью сизой. Минеральные почвы распространены на повышениях, представлены дерново-глееватыми, дерново-глеевыми супесчаными, дерново-подзолистыми глеевыми супесчаными и песчаными почвами различной степени заболоченности.

Сотрудники РУП «Институт мелиорации» осуществляли авторский надзор за строительством опытно-производственного участка и лично участвовали в строительстве «Дренажного устройства» по патенту ВУ 15513. По завершении укладки в траншею дренажной трубы экскаватором-дренукладчиком ЭТЦ 202 была проведена контрольная нивелировка дренажных траншей с указанием глубин торфа в каждой точке замеров (рисунки 4, 5). Расстояние между точками нивелирования составляет 10 метров. Работы по укладке дренажа выполнены с высокой точностью, существенных отклонений от проекта не наблюдалось. На рисунке видно, что одиночные дрены располагаются ниже торфяной залежи.

Дрена 33 с защитно-фильтрующим материалом и пристенным полотном из геотекстиля Гронема И-150-С (рисунок 6б) находится в супеси сизой пылеватой, являющейся грунтом с низким коэффициентом



Место расположения мелиоративной системы «Волма» в ОСП «Совхоз «Минский» УП «ДОРОРС» и КСУП «Минская овощная фабрика»



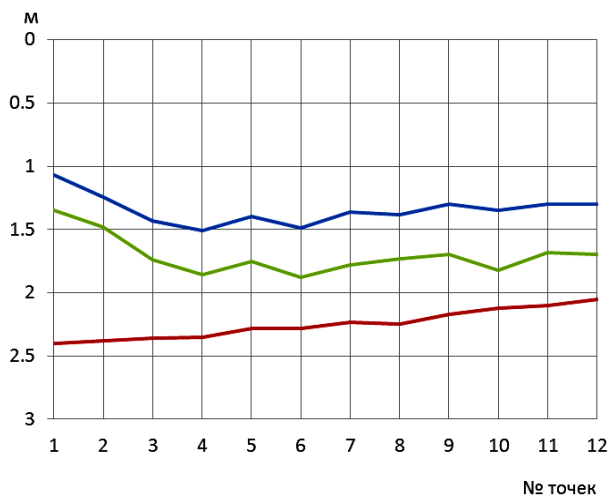
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- граница фрагмента
- граница опытного участка
- каналы ремонтируемые
- засыпка существующей сети
- каналы проектируемые
- проектируемые закрытые дренаж
- проектное устье
- засыпка понижения
- срезка бугров
- воронка открытая проектная
- реконструируемая труба-переезд
- проектируемая труба-переезд

Опытные дренажи - 36 шт.

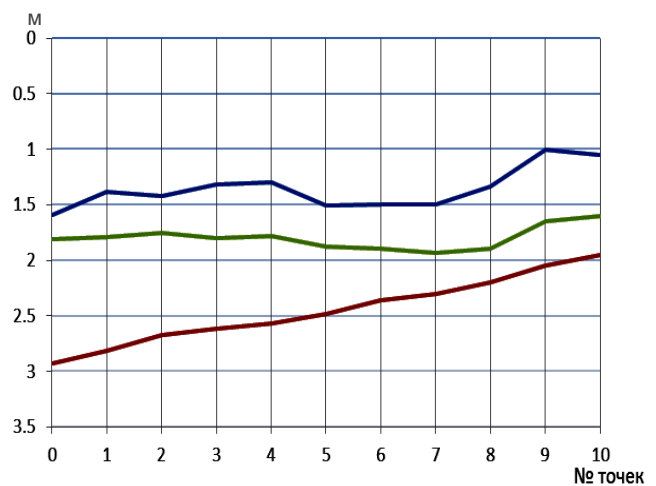
- ПНМ-ПЭВ-И
- ООО «Гродненские нетканые материалы»
- ПНМ-ПП-И, ПНМ-ПП-Т ОАО «Пинема» с гидрофильной добавкой и без нее
- «АкваСпан» ОАО «СветлогорскХимволокно»
- Трайпар DuPont (США)
- Дрена с пристенным полотном
- НК1 наблюдательные колодцы

Рисунок 3. – Схема опытного участка дренажа на объекте «Волма»



- отметки поверхности земли, м
- отметки дна траншеи, м
- отметки подошвы торфа, м

Рисунок 4. – Продольный профиль дрена 33 на объекте «Волма», 2011 год



- отметки поверхности земли, м
- отметки дна траншеи, м
- отметки подошвы торфа, м

Рисунок 5. – Продольный профиль дрена 23 на объекте «Волма», 2011 год

фильтрации (K_{ϕ} 0,3–0,08 м/сут. [6]). Дрена 23 с защитно-фильтрующим материалом и пристенным полотном из геотекстиля ПИНЕМА Т-150 (рисунок 6а) находится в песке мелком ($K_{\phi} = 0,5–1,0$ м/сут. [6]).



а) Дрена 23.

Геотекстильное полотно Пинема Т-150

б) Дрена 33.

Геотекстильное полотно Гронема И-150-С

Рисунок 6. – Дрены с пристенным фильтром на объекте «Волма», 2011 год

Полотно укладывалось в дренажную траншею до присыпки трубы растительным грунтом отдельными полотнами 1,5х1,5 м (Гронема И-150-С) и раскаткой в траншее сплошного рулона высотой 1,5 м (ПИНЕМА Т-150). Полотно крепилось к стенке дренажной траншеи деревянными спицами вверху через

1 метр, отступая 30 сантиметров от бровки траншеи под вспашку. Крепление выполняли двое рабочих, из которых один держал полотно, а второй забивал спицы. После выполнения крепления и укладки нижней части полотна поверх дренажной трубы с фильтром для создания гидравлической связи между полотном и трубой оно присыпалось растительным грунтом вручную на высоту 20–25 см над трубой. Обратная засыпка дренажной траншеи бульдозером марки ДЗ-28 на базе трактора Т-130 производилась подсушенным грунтом не ранее, чем через 3 дня при отсутствии осадков, что соответствует требованиям ТКП 45-3.04-8-2005 (02250). «Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования». Схема движения бульдозера при засыпке дренажной траншеи – челночная. Бульдозер засыпает дренажную траншею со стороны стенки, не имеющей крепления, чтобы не повредить полотно.

После завершения процесса строительства, начиная с первого года эксплуатации, на участке велись наблюдения за величиной дренажного стока, по которому был рассчитан модуль. Максимальный модуль стока дрены 33 с пристенным фильтром Гронема И-150-С составил 0,24 л/с·га, дрены 23 с пристенным фильтром ПИНЕМА Т-150 – 0,44 л/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·га соответственно. Следовательно, при одинаковых природных условиях пристенный фильтр существенно повышает эффективность осушения, увеличивая более чем в два раза модуль дренажного стока [5].

Конструкция «Дренажное водопоглощающее устройство»

Предложено техническое решение и конструкция «Дренажное водопоглощающее устройство» (патент 17924 ВУ) [7], предназначенное для отвода поверхностных и грунтовых вод из замкнутых бессточных понижений и осушения переувлажняемых почв полей.

Устройство состоит из перфорированных пластмассовых труб с защитно-фильтрующим материалом, расположенных на двух уровнях по высоте траншеи; геотекстильного полотна, дренажных матов, уложенных вертикально вдоль стенок дренажной траншеи и расположенных в двух ярусах дренажных труб, соединенных вертикальной вставкой; и термо-

регулирующего элемента, соединяющего дренажную трубу верхнего яруса с изотермическим слоем почвы ниже двух глубин ее промерзания.

На рисунке 7 показано дренажное водопоглощающее устройство (вид А, план и разрез Б-Б).

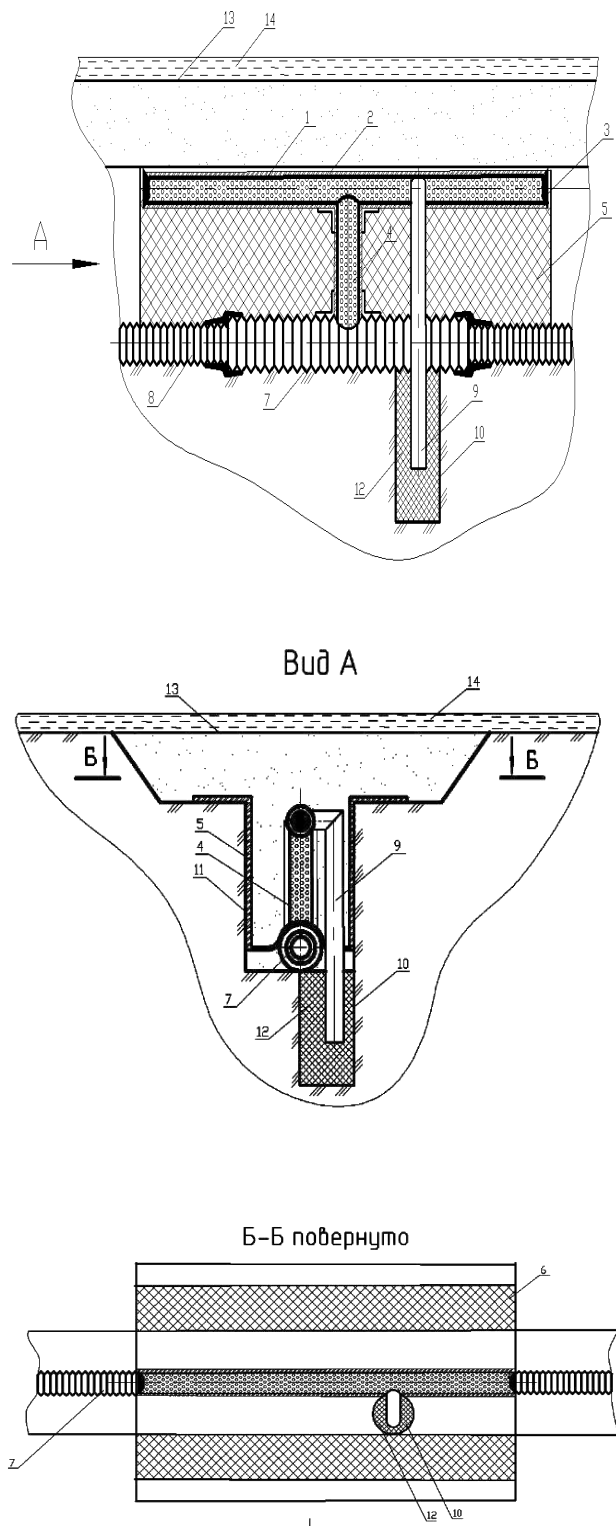


Рисунок 7. – Схема водопоглощающего дренажного устройства (патент ВУ17924)

Устройство включает в себя перфорированную трубу 1 верхнего яруса, покрытую фильтрующим материалом 2, перфорированную трубу 7 с фильтрующим покрытием. Труба 7 соединена с дренажной трубой 8, отводящей поступающие в устройство поверхностно-грунтовые воды. Торцы трубы 1 верхнего яруса закрыты заглушками 3. Для увеличения притока воды к дренажу в пределах водопоглощающего устройства по стенкам дренажной траншеи укладывают геокomпозитный дренажный мат 5, который имеет ядро из полимерного материала и с двух его сторон фильтрующий нетканый материал из геотекстильного полотна. Вверху траншеи мат укладывается в виде сплошной ленты 6 по дну ниши, представляющей собой выемку грунта определенного объема над дренажной траншеей. В нижней части траншеи дренажный мат 5 выводится на дренажную трубу 7. Терморегулирующий элемент состоит из трубы 9, которая присоединяется к трубе 1 вверху траншеи и опускается ниже дна траншеи в шурф 10 диаметром 30÷35 см, глубиной не менее двух глубин промерзания почвы в данном регионе. Для предотвращения обрушения стенок шурфа заполняется фильтрующим материалом 12. Над траншеей устроена ниша 13, для сбора поверхностной воды 14, заполненная грунтом пахотного слоя.

Весной во время снеготаяния и в вегетационный период летом после ливневых дождей в замкнутых понижениях на поверхности почвы скапливается вода 14, образуя лужи и переувлажненные участки. Водопроницаемость устройства обуславливается количеством воды, поступающей в перфорированные трубы двух горизонтов и соединяющую их вертикальную трубу. Для увеличения водопроницаемости устраивается ниша 13 глубиной 0,3÷0,4 м. Ниша засыпается пахотным грунтом, песком или песчано-гравийной смесью. Просачиваясь через пахотный слой или фильтрующую засыпку ниши в пределах водопоглощающего устройства, вода попадает через перфорационные отверстия в трубу 2 и сразу же отводится через вертикальную вставку в нижний ярус дренажных труб. Одновременно вода поступает из траншейной засыпки в трубу 4 и горизонтальную трубу 7 и дальше отводится в дренаж 8. Таким образом, труба 2 перехватывает в верхней части устройства просачивающийся поток воды, поступающий с поверхности, и повышает интенсивность ее удаления, увеличивает скорость осушения.

Укладка матов 5 по стенкам траншеи, которые имеют высокий коэффициент продольной фильтрации, также способствуют интенсивному отводу поверхностных и грунтовых вод, поступающих по траншейной засыпке путем пристенной фильтрации, особенно в слабопроницаемых минеральных почвах. Терморегулирующий элемент работает следующим образом. Зимой почва промерзает на определенную глубину. Но тепло изотермического слоя почвы поступает в шурф 10 и поднимается вверх по трубе 9 в трубу 1, проникая в фильтрующий слой 13, и препятствует его промерзанию. Таким образом, скапливающаяся на поверхности талая вода 14 значительно быстрее, чем на прилегающей территории проникает через фильтрующую засыпку в горизонтальную трубу 1 и отводится в дрена 8 и сбрасывается в водоприемник.

За счет предотвращения промерзания грунта с поверхности почвы повышается интенсивность поступления поверхностных вод в дренаж, что способствует эффективности осушительного действия мелиоративной системы.

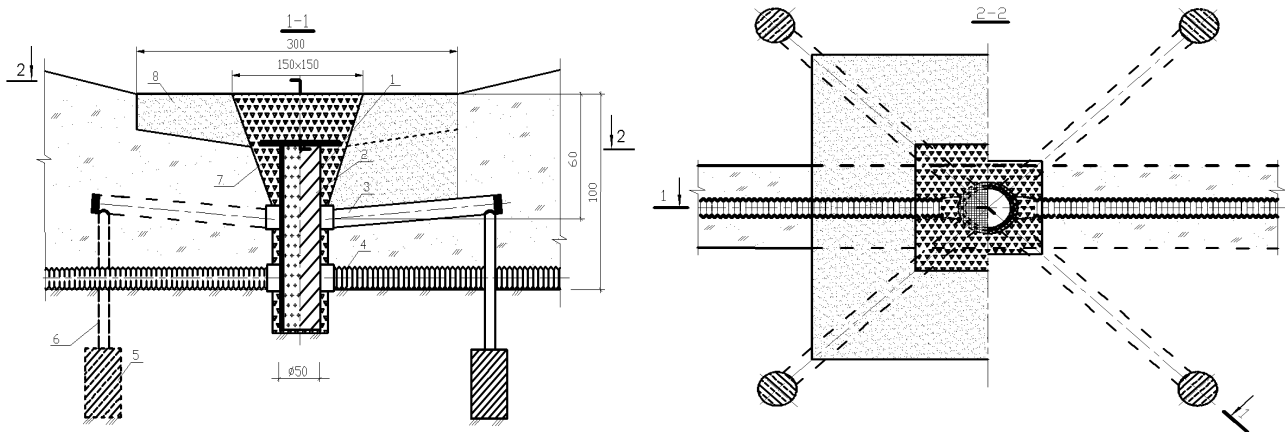
Конструкция «Устройство для осушения бессточного понижения»

Увеличение объема сброса избыточных поверхностных и почвенно-грунтовых вод из замкнутых бессточных понижений может быть достигнуто разработанным конструктивным решением, приведенным в патенте «Устройство для осушения бессточного понижения» (патент ВУ 20385) [8].

Сущность конструкции поясняется чертежом (рисунок 8). Устройство включает колодец-поглотитель 1, выполненный из перфорированной трубы, обернутый двумя слоями фильтра 2 из во-

локнисто-пористого полиэтиленового материала различной пористости, с размещением крупнопористого фильтра на поверхности перфорированной трубы, толщина каждого слоя не менее 4–5 мм. Сверху колодец имеет перфорированную крышку с фильтром. На глубине от 0,5 до 0,6 м от поверхности к колодцу присоединены четыре лучевые дрены 3, которые устраиваются из пластмассовых гофрированных перфорированных труб с геотекстильным фильтром. Концы лучевых дрен присоединены к вертикальным трубам 6, терморегулирующего элемента с шурфом 5, диаметром 20–25 см. Шурф заполняется синтетическим фильтрующим материалом и расположен на глубине не менее двух глубин промерзания почвы. Дренажные траншеи лучевых дрен заполняются до поверхности пахотного слоя фильтрующей засыпкой (песчаной, песчано-гравийной или смесью песка с синтетическими рассыпными материалами). Над колодцем устраивается ниша квадратной формы, центральная часть которой заполняется фильтрующей засыпкой 7 из крупнозернистой фракции (щебень, гравий) в виде усеченной призмы и по всей глубине трубчатого колодца. По краям ниша заполняется фильтрующей засыпкой 8 из мелкозернистой фракции – песок. Сброс воды осуществляется по дренажному коллектору 4.

В период снеготаяния и выпадения осадков поверхностная вода скапливается в замкнутых понижениях. Затем она поступает через мелкозернистую и крупнозернистую фракции засыпки в вертикальную трубу колодца-поглотителя. Наличие мелкозернистой фракции в нише предотвращает поступление наносов из понижения в крупнозернистую засыпку и колодец, предотвращая их заиливание. Траншеи лучевых



а) разрез 1-1, б) план, разрез 2-2
Рисунок 8.– Способ осушения бессточных понижений

дрен заполнены фильтрующей засыпкой до поверхности почвы для повышения интенсивности осушения. Из колодца-поглотителя вода отводится дренажным коллектором. Работа устройства в значительной степени зависит от глубины промерзания почвы в понижении и времени ее оттаивания. Чем меньше глубина промерзания, тем быстрее начинает работать устройство по удалению воды из понижения. Уменьшению глубины промерзания почвы и повышению эффективности работы колодца-поглотителя способствует терморегулирующий элемент, состоящий из шурфа и вертикальной трубы, по которой тепло изотермического слоя почвы поднимается вверх в лучевые дрены и фильтрующие слои траншейной засыпки, способствуя ее более быстрому оттаиванию.

Скапливающаяся талая вода свободно проникает через фильтрующие засыпки в дрены и колодец-поглотитель. Протяженность дрен устанавливается расчетным путем с учетом фильтрационных свойств грунта, объема аккумуляции поверхностной воды в понижении и времени, необходимого для своевременного ее сброса. Применение лучевых дрен расширяет функциональные возможности устройства по повышению осушительного действия мелиоративной системы в различных природных условиях. Эффект от применения устройства заключается в увеличении

интенсивности отвода поверхностных, почвенно-грунтовых вод и повышении осушительного действия мелиоративной системы, обеспечивающей условия для ведения высокоэффективного сельскохозяйственного производства и получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Две последние конструкции требуют разработки технологии их строительства, детальных исследований эффективности применения на дренаже.

При проведении реконструкции мелиоративных систем следует учитывать передовой мировой и отечественный опыт, применять новые конструкции, повышающие эффективность действия дренажа.

Выводы

Разработаны конструкции новых водопоглощающих устройств для применения на закрытом горизонтальном дренаже, позволяющие снизить негативные влияния природных факторов (низкий коэффициент фильтрации осушаемых почв, глубина промерзания, площадь затопления понижений и др.) на оптимизацию водного режима мелиорируемых земель в сложных гидрогеологических и рельефных условиях.

Определена в полевых и лабораторных условиях осушительная эффективность конструкции «Дренажное устройство» (патент ВУ 15513), позволяющая увеличить водоприемную способность дренажа на 20–40 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Азява, Г. В. Опыт проектирования мелиоративных систем на тяжелых грунтах / Г. В. Азява // Мелиорация и водное хозяйство. – 1991. – № 6. – С. 12-15.
2. Густафсон, В. Течение в дренированном грунте / В. Густафсон // Acta Agric Suecon. – 1976. – 26. – 157 с.
3. Климко, А.И. Расчеты оптимальных параметров сельскохозяйственного дренажа // А. И. Климко, Ю. А. Канцибер, Л. М. Ермолина – М. : «Колос», 1979. – 142 с.
4. Дренажное устройство: патент ВУ 15513 / В. Т. Климков, А. И. Митрахович, И. Ч. Казьмирук. – Оpubл. 28.02.2012.
5. 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.
6. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200095052>. – Дата доступа : 21.06.2018 г.
7. Дренажное водопоглощающее устройство : пат. ВУ 17924 / А. И. Митрахович, Н. М. Авраменко, В. Н. Кондратьев, И. Ч. Казьмирук. – Оpubл. 28.02.2014.
8. Устройство для осушения бессточного понижения : пат. ВУ 20385 / А. И. Митрахович, И. Ч. Казьмирук, Н. М. Авраменко. – Оpubл. 29.11.2016.

Поступила 18.06.2018