

ПРИМЕНЕНИЕ ДРЕНАЖНЫХ ГЕОКОМПЗИТОВ НА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ

А. И. Митрахович, кандидат технических наук

В. М. Макоед, ведущий научный сотрудник

С. М. Лавушев, заведующий испытательной лабораторией

А. П. Сергееня, ведущий инженер

РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

Аннотация

Приводятся данные по видам дренажных геocomпозитов, применяемых в дорожном и промышленном строительстве, указываются условия их использования и технические характеристики некоторых из них. Отмечается практическое отсутствие сведений о фильтрационных и гидравлических характеристиках геocomпозитов. Приводятся данные результатов лабораторных исследований водопримной способности модельных колонок-поглотителей с использованием 10 видов дренажных геocomпозитов. Отмечается существенное влияние геocomпозитов на увеличение водопримной способности колонок-поглотителей. Представлена разработанная конструкция экспериментальной колонки-поглотителя с применением дренажного геocomпозита и полимерной профилированной мембраны. Обоснованность и целесообразность такой конструкции подтверждается данными, полученными при испытании дрен на опытном участке по изучению влияния эффекта пристенного фильтра на водопримную способность дрен.

Ключевые слова: дренажный геocomпозит, профилированная мембрана, водопримная способность, дренажное ядро, фильтрующая засыпка, пахотный слой, коэффициент фильтрации, колонка-поглотитель.

Abstract

A. I. Mitrakhovich, V. M. Makoed, S. M. Lavushev, A. P. Sergeenya

THE APPLICATION OF DRAINAGE GEOCOMPOSITES ON RECLAMATION SYSTEMS

The article provides data on the types of drainage geocomposites currently used in road and industrial construction, their conditions of use and technical characteristics of some of them. There is practically no information about the filtration and hydraulic characteristics of geocomposites. Data are given on the results of laboratory studies of the water intake capacity of model absorption columns using 10 types of drainage geocomposites. There is a significant influence of geocomposites on increasing the water intake capacity of the absorption columns. The developed design of the experimental absorber column using a drainage geocomposite and a polymer shaped membrane is presented. The validity and expediency of such a design is confirmed by the data of the drainage test at the test site to study the effect of the wall filter effect on the water intake capacity of drainage.

Keywords: drainage geocomposite, profiled membrane, water intake capacity, drainage core, filtering backfill, arable layer, filtration coefficient, absorption column.

Введение

Актуальные исследования 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 гидротехнических и агро-мелиоративных мероприятий, обеспечивающих гидравлическую связь поверхностных вод с дренажной [1]. По своему функциональному назначению мероприятия предназначаются для отвода как поверхностных вод, так и избыточной воды из корнеобитаемого слоя почвы. Чем меньше глубина промерзания, тем раньше начинается сток из дрен и тем быстрее достигается требуемый водный режим на осушаемой площади. Текущая реконструкция осушительных систем требует тщательного учета опыта проектирования и предшествующей эксплуатации мелиоративных объектов,

применения новых, экономически оправданных перспективных решений.

Важно учитывать, что в слабопроницаемых грунтах вода поступает в дрены преимущественно по контакту пахотного и подпахотного горизонтов через фильтрующую засыпку, а также имеет место эффект пристенной боковой фильтрации вдоль стенок дренажной траншеи. Исследованиями, проводимыми учеными Северного научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации, установлено, что основная масса избыточной воды (43 %) поступает в дренаж по пахотному слою, 28 % – по поверхности и 29 % – по подпахотному [2].

Основные результаты

Геокомпозитные материалы, изготавливаемые по разным технологиям, довольно разнообразны.

Геокомпозит – это многослойный материал из скрепленных между собой геосинтетических материалов (не менее двух), отличающихся по своей структуре друг от друга. Определяющими факторами для применения геокомпозитных материалов в водопоглощающих устройствах являются их уникальные свойства: прочность на растяжение, деформируемость, фильтрующая способность, долговечность (более 50 лет), взаимодействие с грунтом. К преимуществам геокомпозитных материалов относятся: небольшой вес, долговечность, возможность применения в агрессивной среде, технологичность укладки, экономия времени и трудозатрат.

Дренажный геокомпозит представляет собой дренажное ядро из экструдированного жесткого полимера (полипропилена, полиэтилена и др.), скрепленное с одной или двух сторон с нетканым защитно-фильтрующим геотекстильным материалом (далее – ЗФМ) (рис. 1).

Дренажное ядро выполняет функцию каркаса, сохраняя свою пропускную способность при оказываемом на него определенном давлении.

Поскольку при заполнении дренажной траншеи грунтом обратной засыпкой очень быстро восстанавливаются его исходные свойства, предполагается разработка конструкции водопоглощающих устройств дренажа с применением новых полимерных материалов – дренажных геокомпозитов. Следует подчеркнуть, что их гидравлические и фильтрационные характеристики не изучены.

В связи с указанным в лабораторных условиях начаты исследования многих видов дренажных геокомпозитов и профилированных мембран. В статье приведены результаты данных работ.

Дренажный геокомпозит может состоять из двух или трех конструктивных слоев, которые обеспечивают его необходимые свойства.

Нетканый геотекстильный ЗФМ выполняет функцию фильтра и защиты дренажного ядра от повреждения и заиливания. Дренажное ядро служит для обеспечения водопроводимости в его плоскости при давлении грунта. Сырьем для нетканых геотекстильных материалов могут служить полиэфир, полиамид, полипропилен, полиэтилен и другие полимеры. Основной стадией получения этих материалов является стадия скрепления волокнистой основы: химический (или адгезионный), термический и механический способы.

Нетканые ЗФМ прикрепляются к дренажному ядру следующими способами: термическим, химическим (или адгезионным) и механическим.

При изготовлении дренажного геокомпозита возможны различные виды дренажного ядра: геомат, георешетка, геосетка, геомембрана (рис. 2–5), скрепленные с одной или двух сторон с нетканым геотекстильным ЗФМ (рис. 6–11).

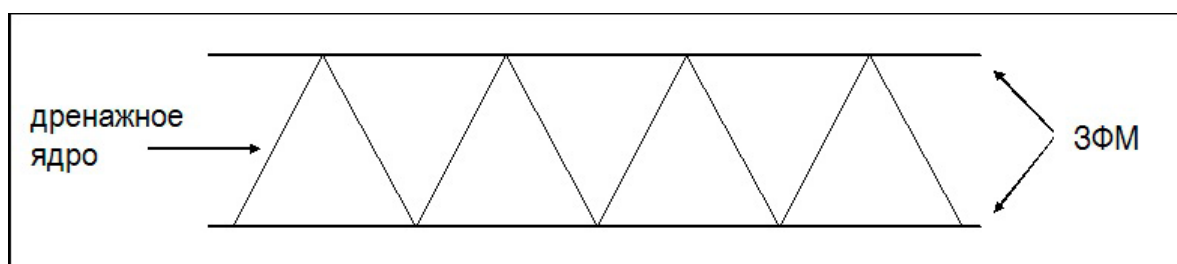


Рис. 1. Схема дренажного геокомпозита с ЗФМ (поперечный разрез)



Рис. 2. Геомат



Рис. 3. Георешетка

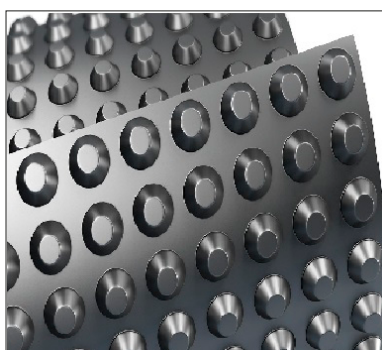


Рис. 4. Геомембрана



Рис. 5. Геосетка



Рис. 6. Геомат, скрепленный с двух сторон геотекстильным ЗФМ



Рис. 7. Геомат, скрепленный с одной стороны геотекстильным ЗФМ



Рис. 8. Георешетка с геотекстильным ЗФМ, прикрепленным с обеих сторон

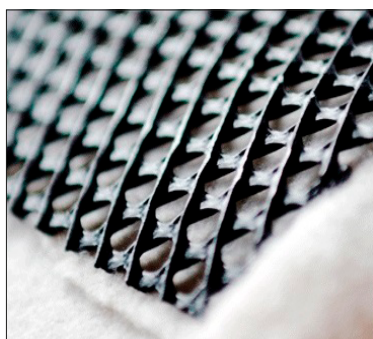


Рис. 9. Георешетка с геотекстильным ЗФМ, прикрепленным с одной стороны



Рис. 10. Геомембрана с геотекстильным ЗФМ, прикрепленным с одной стороны

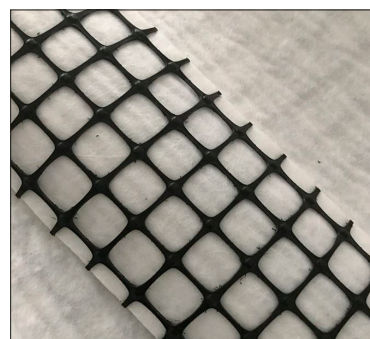


Рис. 11. Геосетка с геотекстильным ЗФМ, прикрепленным с одной стороны

Дренажные геокомпозитные материалы применяются для отвода поверхностных и грунтовых вод, а также для ускорения процесса консолидации. Преимущества материалов: небольшой вес, долговечность, возможность использования в любых условиях, технологичность укладки, экономия времени и трудозатрат.

Например, в ГК «МИАКОМ» изготавливаются различные виды дренажных геокомпозитов, отличающихся между собой по толщине, поверхностной плотности и водопроницаемости (табл. 1) [3].

Для определения возможности применения геокомпозитов в мелиоративной отрасли в лабораторных условиях проведены исследования их гидравлических и фильтрационных характеристик с целью установления водопринимной способности дренажа как одного из основных показателей эффективности его работы (она характеризуется способностью дрен принимать избыточную воду из корнеобитаемого слоя почвы в полость дренажной трубы). Водопринимная способность дрен зависит от конструкции труб, вида и состояния присыпки дрен и обратной засыпки траншей.

Разработана методика определения водопринимной способности дренажных труб с использованием геокомпозитов.

Суть методики заключается в имитации работы дренажа на мелиоративном объекте путем построения физической модели дрен с применением геокомпозитов. Исследования проводились в грунтовых лотках на испытательном стенде (рис. 12).

На рис. 13 представлена схема исследований. В грунтовый лоток укладывается дренажная труба с подсоединенным к ней геокомпозитом, состоящим из каркаса различного вида с двухсторонним боковым покрытием геотекстиля. Подсоединение геотекстиля к трубе выполнено в виде кармана. Далее грунтовый лоток заполняется фильтрующим материалом – среднезернистым песком с коэффициентом фильтрации 7 м/сут. Из напорного бака по подающему трубопроводу в грунтовый лоток поступает вода, максимум ее уровня поддерживается переливной трубой. Опыты выполнялись с постоянным напором. Расход из дренажной трубы замерялся объемным способом. Каждый опыт проводился до установления постоянного расхода из дрены.

Установленное в грунтовых лотках значение удельной пропускной способности моделей конструкций дренажных элементов с применением геокомпозитных материалов приведено в табл. 2.

Таблица 1. Основные виды дренажных геокомпозитов, производимых в ГК «МИАКОМ»

Тип продукта			Марка геокомпозита				
свойства		ед. изм.	Др.10/1	Др.15/1	Др.10/2	Др.15/2	МИАДРЕЙН-Х
Коэффициент фильтрации при давлении	20 кПа	м/сут	108,00	164,16	51,84	138,24	328,32
	50 кПа		95,40	146,83	43,20	125,28	120,96
	100 кПа		–	–	–	–	30,24
	200 кПа		69,12	120,96	30,24	103,68	–
	500 кПа		30,24	86,40	21,60	77,80	–
Толщина	2 кПа	мм	4,9	6,9	5,4	7,5	20,0
	20 кПа	мм	4,5	6,3	4,8	6,6	–
	200 кПа	мм	4,0	5,9	4,2	6,1	–
Прочность при растяжении (вдоль/поперек)		кН/м	12/8	14/10	18/14	20/16	12/10
Размер ячейки (ширина/длина)		мм	10/10	15/15	10/10	15/15	–
Относительное удлинение при разрыве, (продольное/поперечное)		%	50/50				90/100
Масса на ед. площади		г/м ²	370	400	590	620	600



Рис. 12. Система грунтовых лотков для испытаний моделей конструкций дренажных элементов с геокомпозитами

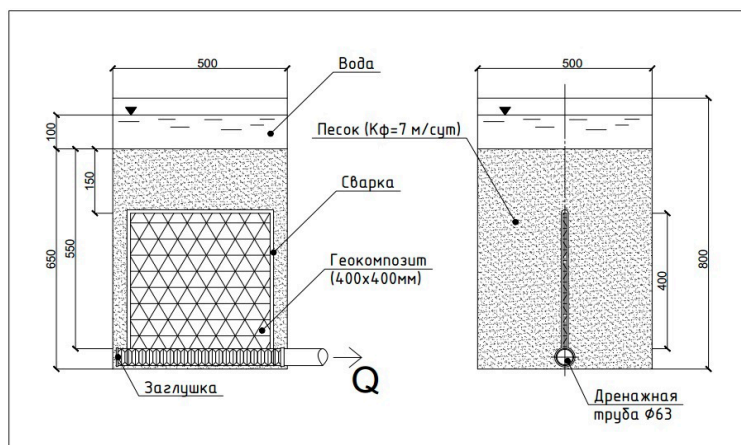


Рис. 13. Схема исследований дренажных элементов с применением геокомпозитов в грунтовом лотке

Таблица 2. Удельная водоприемная способность конструкций дренажных элементов с применением геокомпозитных материалов

Варианты конструкций	Основные элементы конструкции дренажного геокомпозита	Повторность	Удельная водоприемная способность, л/с м. п.	
			конструкции	средняя
Контроль	Дренажная труба ϕ 63 мм	1	0,11	0,10
		2	0,10	
		3	0,10	
1	Геомат ПМА 13/1 (4*25) сетка (ООО «Полимердрон», РФ) + дренажная труба ϕ 63 мм (РБ)	1	0,17	0,16
		2	0,14	
		3	0,18	
2	Гидромат трехосный «3D»/300- 2.5*40 решетка (ЗАО «Техполимер», РФ) + дренажная труба ϕ 63 мм (РБ)	1	0,11	0,12
		2	0,12	
		3	0,12	
3	Icodren 10 Быстрый дренаж SBS (Голландия) + дренажная труба ϕ 63 мм (РБ)	1	0,13	0,11
		2	0,12	
		3	0,12	
		4	0,07	
		5	0,12	
4	Геомат – толщина 9 мм («Славрос», РФ) + дренажная труба ϕ 63 мм (РБ)	1	0,05	0,10
		2	0,16	
		3	0,1	
5	Решетка садовая 15x20 (РБ) + Turar SF 27 (Люксембург) + дренажная труба ϕ 63 мм (РБ)	1	0,15	0,17
		2	0,21	
		3	0,15	
6	Решетка садовая 15x15 (РБ) + Turar SF 27 (Люксембург) + дренажная труба ϕ 63 мм (РБ)	1	0,13	0,13
		2	0,12	
		3	0,13	
7	Решетка садовая ромб 15x15 («Славрос», РФ) + Turar SF 27 (Люксембург) + дренажная труба ϕ 63 мм (РБ)	1	0,17	0,17
		2	0,20	
		3	0,14	
8	Решетка садовая 15x15 (РБ) + Turar SF 27 (Люксембург) + дренажная труба ϕ 63 мм (РБ)	1	0,13	0,13
		2	0,14	
		3	0,13	

Примечание. Кф = 7м/сут.

В результате исследований установлено, что средний расход дренажных элементов с геокомпозитами изменялся в диапазоне 0,1–0,17 л/с на 1 м трубы и по сравнению с контрольным вариантом без композитов был более чем на 60 % выше.

На основании лабораторных исследований различных видов дренажных геокомпозитов и с учетом характера поступления поверхностных вод в дренажную засыпку разработаны экспериментальные конструкции колонок-поглотителей с применением дренажных геокомпозитов. Обоснованность таких конструкций подтверждается данными полевых исследований, проведенных на опытно-производственном участке дренажа объекта «Волма» Минского р-на, где РУП «Институт мелиорации» проводил испытания различных марок защитно-фильтрующих материалов.

На участке были заложены 4 дрены длиной по 110 м. На них испытывалось влияние эффекта пристенной боковой фильтрации вдоль стенок дренажной траншеи, поскольку они являются границей между нарушенным грунтом и грунтом в естественном состоянии. Дрены были дополнены фильтром

из геотекстильного материала, который прикреплялся спицами к стенке траншеи на всю длину дрены (рис. 14). Такое конструктивное решение подтверждено патентом ВУ 15513 «Дренажное устройство» [4].

Эффективность данной конструкции определялась путем сравнения модулей стока из дрен с пристенным фильтром и без него с такими же защитно-фильтрующими материалами. Максимальный модуль дренажного стока из дрен с пристенным фильтром составлял 0,24 и 0,44 л/с-га, а без пристенного фильтра – 0,12–0,18 л/с-га соответственно, то есть практически в 2 раза меньше [5].

Применение данной конструкции при осушении слабоводопроницаемых грунтов существенно усиливает осушительное действие дренажа и уменьшает затраты на строительство, поскольку объем засыпок дренажных траншей можно уменьшить фильтрующим материалом.

Полученные опытные данные косвенно подтверждают тезис о том, что наибольшей водопроницаемостью на слабоводопроницаемых почвах обладают пристенные участки дренажной траншеи, что обусловливается контактной фильтрацией.



Рис. 14. Фото дрен с пристенным фильтром на объекте «Волма», 2011 г.

На таких почвах целесообразно устройство траншейного дренажа, что позволяет ускорить отвод поверхностных вод через засыпку траншеи, особенно за счет пристенной фильтрации.

Во время нахождения почвогрунтовых вод в подпахотных горизонтах особенность траншейного дренажа заключается в том, что высачивание фильтрационных вод происходит по ее контуру – таким образом увеличивает фактический геометрический размер дренажа, что следовало бы учитывать при расчете дренажа.

В разработанных конструкциях водопоглощающих устройств дренажные элементы с геокомпозитами обладают высокими фильтрационными и гидравлическими характеристиками, что позволит более интенсивно переводить поверхностные и грунтовые воды в дренажный сток. Рассмотрим одну из разработанных экспериментальных конструкций водопоглощающих устройств.

Сущность экспериментальной конструкции колонки-поглотителя с применением дренажного элемента из профилированной геомембраны и геокомпозита поясняется на рис. 15, где показано, что обратная засыпка дренажной траншеи выполнена из местного грунта (а) и из ПГС с коэффициентом фильтрации более 10 м/сут (б).

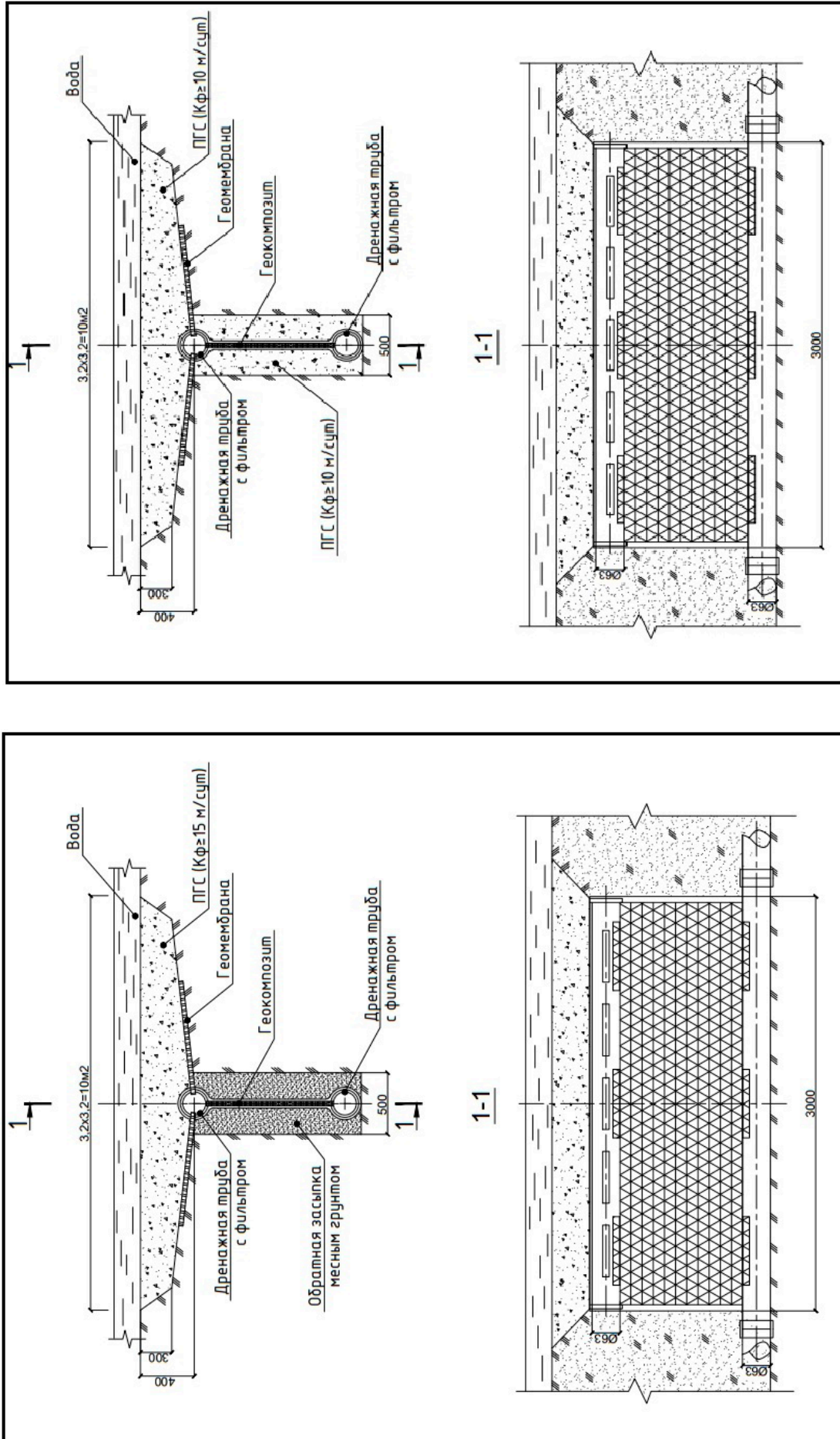
Конструкция включает дренажную полимерную трубу верхнего уровня с фильтрующим материалом и продельными в ее стенках продольными прорезями (щелями); запорные крышки по торцам; профилированную полимерную мембрану с покрытием фильтрующим материалом; дренажный геокомпозит с ядром и двухсторонним покрытием фильтрующим материалом; дренажную полимерную трубу с фильтрующим материалом нижнего уровня (на дне траншеи), которая отводит поступающую в нее поверхностную и грунтовую воду с осушаемой площади. Дренажный геокомпозит устанавливается вертикально по глубине траншеи и соединяется через прорези с трубой нижнего и верхнего уровней. В верхней части дренажного устройства над траншеей делается ниша (глубина 0,3–0,4 м) и расширение размером 3,2 x 3,2 м для уве-

личения водозахватной площади устройства. По дну ниши укладывается профилированная полимерная мембрана с покрытием фильтрующим полотном и уклоном в сторону трубы не меньше 0,003. Профилированная полимерная мембрана с покрытием фильтрующим полотном укладывается с обеих сторон траншеи и соединяется с дренажной полимерной трубой верхнего уровня через продельные в ее стенках продольные прорези (щели). Ниша заполняется фильтрующим материалом.

Конструкция работает следующим образом. Весной, во время снеготаяния, и летом, в период ливневых дождей, на поверхности почвы, особенно в понижениях рельефа, скапливается вода, образуя лужи и переувлажненные площади. Вода через пахотный слой или фильтрующий материал в нише фильтруется и поступает на профилированную полимерную мембрану с покрытием фильтрующим полотном и по ней стекает в дренажную полимерную трубу верхнего уровня, далее через вертикально установленный геокомпозит попадает в дренажную трубу нижнего яруса. При наличии в почве грунтовых вод они через двухстороннее покрытие фильтрующего материала попадают в геокомпозит и далее в дренажную полимерную трубу с фильтрующим материалом нижнего уровня. Уклон профилированной полимерной мембраны в сторону дренажной полимерной трубы верхнего уровня – не меньше 0,003, что создает скорость потока воды, обеспечивающую вынос попавших в мембрану частиц грунта, предотвращая ее заиливание.

Совместное взаимодействие конструктивных элементов устройства (профилированная полимерная мембрана и дренажный геокомпозит) обеспечит быстрый отвод избыточных вод с поверхности почвы и ее корнеобитаемого слоя.

Предлагаемая разработка позволит использовать более прогрессивные и перспективные полимерные материалы в целях повышения эффективности осушения минеральных слабОВОДПРОНИЦАЕМЫХ почв для их интенсивного применения в сельскохозяйственном производстве.



а

б

Рис. 15. Экспериментальная конструкция колонки-поглотителя с применением дренажного элемента из профилированной геомембраны и геокомпозита: а – обратная засыпка дренажной траншеи местным грунтом; б – обратная засыпка дренажной траншеи ПГС (Кф более 10 м/сут)

Выводы

1. Проанализированы различные виды дренажных геокомпозитов, применяемых в основном в дорожном и промышленном строительстве; на основании технических характеристик некоторых из них выбрано 10 видов для исследования их фильтрационных особенностей.

2. В лабораторных условиях, в грунтовой лотке с песком, изучена водопрямная способность дренажных элементов с применением 10 видов геокомпозитов. Установлено, что практически все варианты конструкций

обеспечивают более высокую водопрямную способность, чем конструкция без геокомпозитов.

3. Разработаны конструкции водопоглощающих устройств с дренажными геокомпозитами для осушения пониженных элементов рельефа на слабОВОДПРОНИЦАЕМЫХ грунтах.

4. Проанализировано влияние эффекта пристенной фильтрации на водопрямную способность дрен на опытно-производственном участке горизонтального дренажа.

Библиографический список

1. Азява, Г. В. Опыт проектирования мелиоративных систем на тяжелых грунтах / Г. В. Азява // Мелиорация и вод. хозяйство. – 1991. – № 6. – С. 12–15.
2. Климко, А. И. Расчеты оптимальных параметров сельскохозяйственного дренажа / А. И. Климко, Ю. А. Канцибер, Л. М. Ермолина. – М. : Колос, 1979. – 142 с.
3. Медведев, Н. В. Применение геосинтетических материалов ГК «МИАКОМ» / Н. В. Медведев. – С.-Петербург : Группа компаний «МИАКОМ», 2013. – 68 с.
4. Дренажное устройство : пат. 15513 Респ. Беларусь / А. И. Митрахович, В. Т. Климков, И. Ч. Казьмирук ; дата публ.: 28.02.2012.
5. Митрахович, А. И. Влияние защитно-фильтрующих материалов на работу закрытой осушительной сети на торфяных почвогрунтах / А. И. Митрахович, И. Ч. Казьмирук // Мелиорация. – 2016. – № 4. – С. 24–33.

Поступила 4 марта 2022 г.