

ВЛИЯНИЕ НАЧАЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ТРАНШЕЙНОЙ ЗАСЫПКИ И СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ДРЕНАЖА

А. И. Митрахович¹, кандидат технических наук

И. Ч. Казьмирук², кандидат технических наук

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

²Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

Аннотация

Проанализированы основные факторы, влияющие на эффективность работы дренажных систем, установлен характер изменения коэффициента фильтрации дренажной засыпки во времени. Приведено необходимое быстроедействие дренажных систем для обеспечения требуемых норм осушения. Исследовано влияние начальной влажности дренажной засыпки на ее водопроницаемость. Сделан вывод о нецелесообразности строительства осушительно-увлажнительных систем при наличии в зоне подпочвенного увлажнения глинистых или суглинистых грунтов, которые при размокании образуют слабОВОПРОНИЦАЕМУЮ прослойку в траншейной засыпке.

Ключевые слова: дренажная система, геотекстиль, дренажный сток, почвогрунт, сельскохозяйственный дренаж, фильтрация.

Abstract

A. I. Mitrakhovich, I. Ch. Kazmiruk

INFLUENCE OF THE INITIAL MOISTURE OF THE TRENCH FILLING AND THE SERVICE LIFE ON THE OPERATING CAPACITY OF THE DRAINAGE.

The article analyzes the main factors affecting the efficiency of drainage systems, establishes the nature of the change in the filtration coefficient of the drainage backfill in time. The necessary performance of drainage systems is given to ensure the required drainage rates. The influence of the initial moisture content of the drainage backfill on its water permeability has been investigated. It is concluded that it is inexpedient to build drainage and humidification systems in the presence of clay or loamy soils in the zone of subsurface moisture, which, when soaked, form a weakly water-permeable layer in the trench backfill.

Keywords: drainage system, geotextile, drainage runoff, soil, agricultural drainage, filtration.

Введение

Эффективность работы дренажной системы зависит от многих факторов. В природно-климатических условиях Беларуси преимущественное значение имеют осушительные мелиорации. Подпочвенное увлажнение с помощью дренажа применяется редко – главным образом, из-за дефицита воды в открытых каналах в засушливый период. Увлажнение с помощью системы шлюзов возможно в основном при наличии гарантированного водного источника.

Эффективность работы дренажа можно конкретизировать его осушительным действием, то есть интенсивностью отвода избыточных вод с мелиорируемой территории. При этом ставится двойная задача по обеспечению:

благоприятного водного режима для произрастания сельскохозяйственных культур; необходимой несущей способности грунта для прохождения сельскохозяйственной тех-

ники в период сева, уборки урожая и проведения других технологических операций.

Это достигается снижением уровней грунтовых вод (УГВ) до определенных пределов. В первом случае это величина переменная и связана с изменчивостью требований растений к водному режиму в течение вегетационного периода. Для некоторых культур (озимых, многолетних трав) эти требования распространяются не только на летний сезон, но и на весь год. Во втором случае (обеспечение проходимости техники) данная величина относится, главным образом, к весеннему периоду, времени подготовки почвы и сева яровых культур. Внутри вегетационного периода первые и вторые требования в основном совпадают. Из технологии сельскохозяйственного производства на это время приходятся операции по подкормке растений и защите их от вредителей и болезней. Сложности в уборке урожая возникают только при затяжных осенних дождях.

Основные результаты

Определение эффективности работы дренажа

Эффективность дренажа определяется его возможностью создать и поддерживать на определенных глубинах уровень грунтовых вод для заданных периодов года.

Нормативами установлены следующие минимальные значения УГВ (нормы осушения) на торфяниках:

- для сенокосов в предпосевной период 35–40 см, в вегетационный – 60 см;
- пастбищ – 50 и 70 см соответственно;
- кормовых и овощных севооборотов – 50 и 80 см [1].

На легких минеральных землях в полевых севооборотах в предпосевной период УГВ должны быть не ближе 40 см от поверхности земли, а в вегетационный период – 70 см; на пастбищах – 50 и 70 см, а на сенокосах – 30 и 60 см. На кормовых севооборотах в пред-

севной период УГВ должны располагаться не ближе 40 см от поверхности земли, а в вегетационный период – не ближе 70 см.

Крайне важно нормативное быстрое действие систем, то есть время, за которое УГВ должны опускаться от поверхности земли до нормы осушения:

в весенний период для пашни и пастбища – 10 сут., а для сенокосов – 15 сут.;

в летне-осенний период это время определяется допустимыми сроками затопления поверхности и подтопления корнеобитаемого слоя дождевыми водами с собственного водосбора (табл. 1).

При этом дренажные системы должны отводить воду с расходом, определяемым обслуживаемой площадью и модулем дренажного стока. В свою очередь, модуль дренажного стока определяется объемом среднегодовых осадков, видом грунтов, уклоном поверхности, типом водного питания и пр.

Таблица 1. Нормативные сроки отвода избыточных вод с осушаемых территорий [1]

Вид культур	Сроки отвода избыточных вод, сут			
	с поверхности земли	на глубину		
		до 0,2 м	до 0,5 м	до нормы осушения
Полевые севообороты с озимыми	0,5	1	4	9
Полевые (без озимых), кормовые, овощные севообороты	0,8	2	5	10
Пастбища	1	2	5	10
Сенокосы	1,5	3	8	15

Как видно из таблицы, требования к мелиорации весьма жесткие: с поверхности земли избыточные воды должны быть удалены в течение 12, 19, 24 или 36 часов в зависимости от применяемого севооборота. Таким образом, главным показателем работоспособности дренажных систем выступает модуль дренажного стока. В табл. 2 [2] приведены нормативные значения этих величин для разных условий.

Модули стока увеличиваются на 10–15 % в случае дополнения материального дренажа кротовым, а при устройстве поглотителей поверхностного стока дренажный коллектор рассчитывают на суммарный сток: дренажный и поверхностный, отводимый поглотителями

в дренажную систему. Вопрос о влиянии фильтрующих засыпок, колонок-поглотителей, о продолжительности их эффективного функционирования остается открытым.

При обследовании дренажных систем, оценке их работоспособности большое значение имеет, кроме состояния сети дренажных труб, состояние обратной засыпки дренажных траншей, особенно при атмосферном типе водного питания.

Исследованиями В. С. Печениной [3] установлен характер изменения коэффициента фильтрации тяжелых суглинистых грунтов во времени под влиянием осушения (табл. 3).

Таблица 2. Модули дренажного стока [2]

Характеристика почвенного покрова и рельефа		Расчетный модуль дренажного стока, л/с*га, при средних годовых осадках, мм		
		до 600	600–700	более 700
Минеральные грунты				
1	Слабоводопроницаемые почвы – глины и тяжелые суглинки с содержанием частиц диаметром менее 0,01 мм более 50 %:			
	при уклоне поверхности более 0,01	0,4	0,5	0,6
	при уклоне поверхности менее 0,01	0,5	0,6	0,7
	в замкнутых котловинах между возвышенностями (западинный рельеф)	0,6	0,7	0,8
2	Средневодопроницаемые почвы – средние и легкие суглинки с содержанием частиц диаметром менее 0,01 мм от 30 до 50 %:			
	при уклоне поверхности более 0,01	0,5	0,6	0,7
	при уклоне поверхности менее 0,01	0,6	0,7	0,8
	в замкнутых котловинах между возвышенностями (западинный рельеф)	0,7	0,8	0,9
3	Хорошо водопроницаемые почвы – супеси, пески с содержанием частиц диаметром менее 0,01 мм до 30 %:			
	при уклоне поверхности более 0,01	0,6	0,7	0,8
	при уклоне поверхности менее 0,01	0,7	0,8	0,9
	в замкнутых котловинах между возвышенностями (западинный рельеф)	0,8	0,9	1,0
Торфяные грунты				
1	Материальный закрытый дренаж при атмосферном и безнапорном грунтовым питании	0,5	0,6	0,7
2	Материальный закрытый дренаж при напорном грунтовым питании	0,6	0,9	1,0
3	Для ловчих (контурных) дрен	0,8	0,9	1,0

Таблица 3. Изменение коэффициента фильтрации тяжелых суглинистых грунтов

Глубина слоя, см	Коэффициент фильтрации, м/сут.		
	в междренье		дренажной засыпки
	1959 г.	1972 г.	1972 г.
30	0,10	0,16	0,44
60	0,03	0,05	0,40
30	0,18	0,27	0,50
60	0,05	0,08	0,46

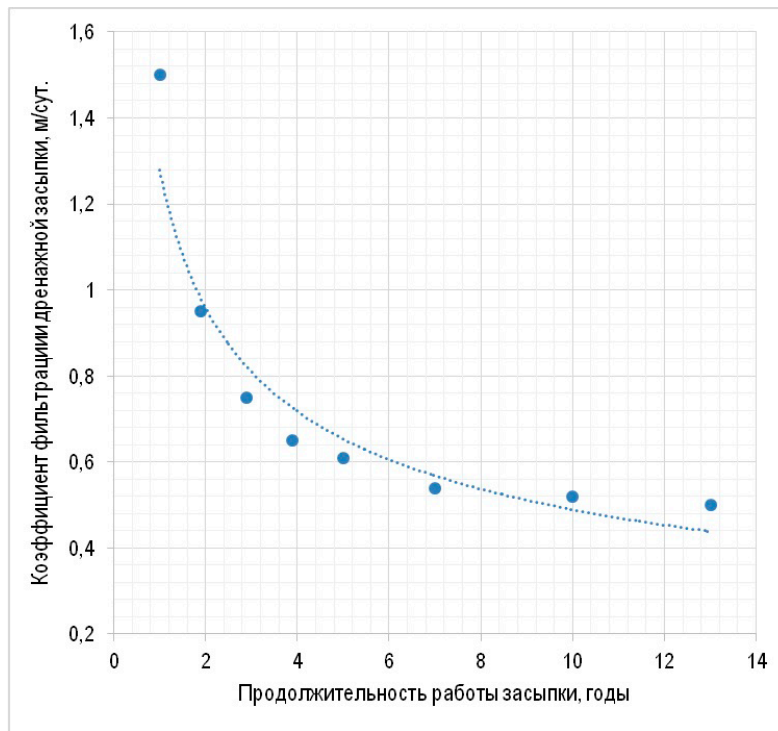


Рис 1. Изменение коэффициента фильтрации дренажной засыпки во времени [3]

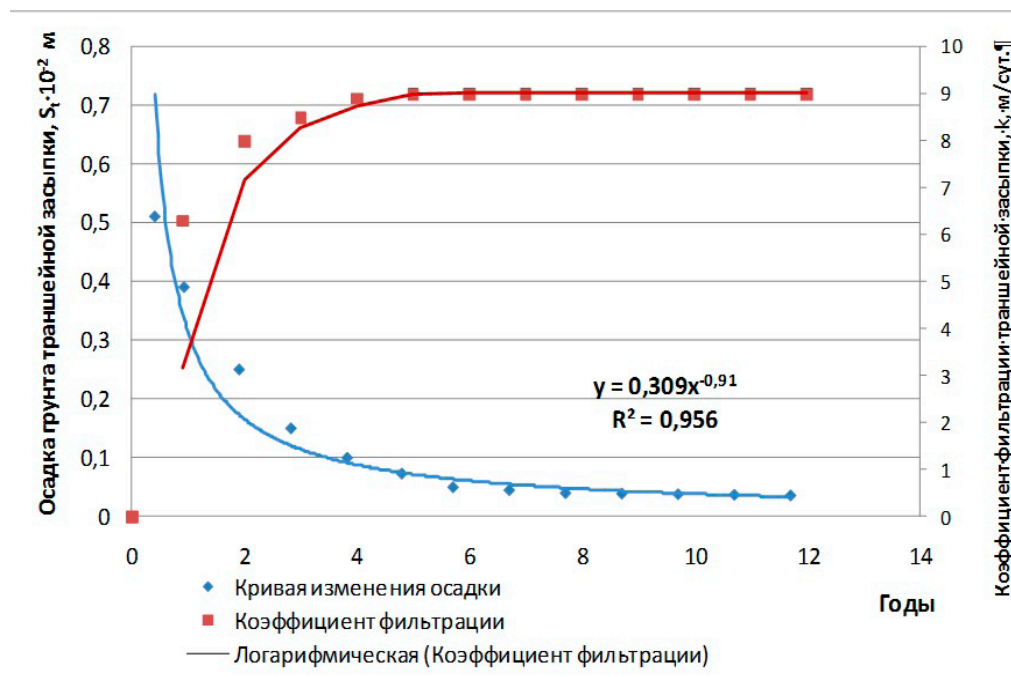


Рис. 2. Кривые изменения осадки и коэффициента фильтрации грунта траншейной засыпки во времени [4]

На рис. 1 изображена кривая изменения коэффициента фильтрации засыпки во времени. Как для всякого затухающего процесса, следует отметить экспоненциальный вид кривой.

Однако, несмотря на уменьшение со временем водопроницаемости дренажных засыпок, они и через 10–15 лет после строительства сохраняют ее в 5–8 раз большей, чем

грунт в междренье. Одновременно происходит некоторое увеличение водопроницаемости осушаемых почвогрунтов, используемых в земледелии.

Кривую снижения проницаемости траншейной засыпки, подобную изображенной на рис. 1, получил И. В. Войтович [4]. На основе полученной зависимости осадки грунта тран-

шейной засыпки во времени исследователем получена расчетная формула:

$$S_t = a_0 \gamma_r h^2 \left(1 - \frac{g}{\pi^3} \exp \left(- \frac{C_v \pi^2}{4h^2} t \right) \right),$$

где S_t – осадка грунта траншейной засыпки, м;
 a_0 – коэффициент относительной сжимаемости грунта;

γ_r – плотность грунта, кг/м³;

h – глубина траншеи, м;

t – время фильтрации, сут.;

C_v – коэффициент фильтрационной консолидации грунта

$$C_v = \frac{k(1 + \varepsilon)}{a\gamma},$$

где k – коэффициент фильтрации грунта, м/сут.;

ε – коэффициент пористости грунта;

$\gamma = 998$ кг/м³, плотность воды.

Установлена зависимость изменения водопроницаемости грунта траншейной засыпки во времени. Высокое значение коэффициента обратной корреляции ($= -0,9$) свидетельствует о тесной обратной связи осадки и водопроницаемости. Теоретически наиболее интенсивно (что, впрочем, подтверждено и опытами) водопроницаемость дренажной засыпки снижается в течение первых 2–3 лет эксплуатации, а затем стабилизируется, оставаясь все же в несколько раз более высокой, чем ненарушенный грунт в междренье.

Определенное положительное влияние на эффективность действия дренажа в суглинистых грунтах оказывает засыпка дренажным грунтом, что увеличивает модуль дренажного стока на 3–30 % [5].

Вопрос снижения водопроницаемости осушенных минеральных почвогрунтов приобрел в последнее время особую остроту в связи с использованием тяжелой сельскохозяйственной техники. Массивные сельскохозяйственные машины, проходя в течение сезона по 8–12 раз по полю, уплотняют почву, снижая ее водопроницаемость. В результате уплотнения машинами верхних слоев почвы наблюдается застой воды на поверхности при неинтенсивном дренажном стоке.

При исследовании влияния дренажной засыпки в работе дренажа необходимо обра-

щать внимание на ее влажность в момент засыпки траншей. Это относится, главным образом, к супесчаным, глинистым и суглинистым почвогрунтам, которые, размокая, создают зоны низкой водопроницаемости. В результате засыпки дренажных траншей переувлажненным грунтом происходит застой поверхностных вод: он в 2–4 раза более длителен, чем при достаточной водопроницаемости засыпки, и это снижает урожайность до 20 % [6].

Еще учеными ГДР предписывалось укладывать дренаж только в сухую погоду и в сухой грунт, а при невозможности обеспечить эти условия строительство следует отложить или прервать [7].

Влияние начальной влажности дренажной засыпки на ее водопроницаемость

Исследование влияния начальной влажности дренажной засыпки из лессовидных суглинков на ее водопроницаемость проводилось в грунтовом лотке и на приборе Дарси в гидротехнической лаборатории БГСХА. Испытывались пробы грунта при влажности 2, 5, 8, 12, 16 и 20 %. Продолжительность опытов – до 10 сут. Их результаты представлены на рис. 3: выявлена общая тенденция снижения водопроницаемости при увеличении начальной влажности дренажной засыпки [8].

Наибольшую пропускную способность имела дренажная засыпка, предварительно высушенная до 2%-го содержания в ней влаги. В начале опыта коэффициент фильтрации ее – 19,3 м/сут., в конце опыта – 12,0 м/сут. Снижение составило 37,8 %. При влажности 12 % коэффициент фильтрации в начале и конце опытов составил 4,4 и 3,2 м/сут., а снижение – 27,3 %. В опытах при влажности 16 % начальный коэффициент фильтрации 3,1 м/сут. составлял только 16 % от значений при влажности 2 %.

Наиболее четко выразилось снижение водопроницаемости в течение опытов при начальной влажности 20 %, которая снизилась с 2,3 м/сут. (12 % от значений Кф при влажности 2 %) до 0,2 м/сут., то есть на 91,3 %.

Увеличение начальной влажности дренажной засыпки более 20 % приводило к размоканию, разжижению грунта, превращению его в сметанообразную однородную массу с разрушением почвенных агрегатов.

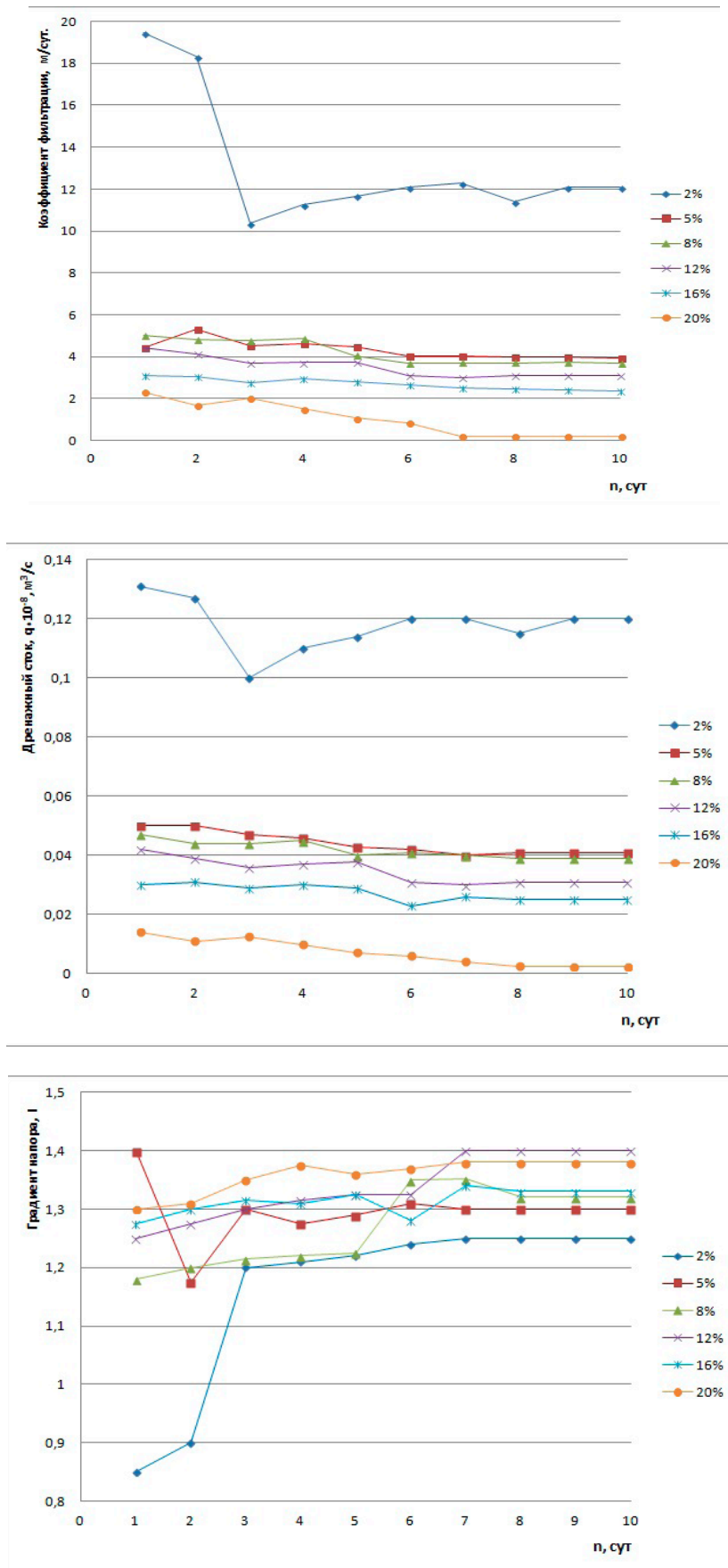


Рис. 3. Изменение проницаемости дренажной засыпки во времени при ее начальной влажности:

◆ 2% ■ 5% ▲ 8% ✕ 12% * 16% ● 20%

1 – коэффициент фильтрации, м/сут.; 2 – дренажный сток, $q \cdot 10^{-8}, \text{ м}^3/\text{с}$; 3 – градиент напора, l

Таким образом, лабораторные опыты подтвердили зависимость проницаемости дренажной засыпки от ее начальной влажности, с увеличением которой от 2 до 20 % проницаемость снижается в 58–60 раз. В то же время при начальной влажности засыпки 2 % и в конце опытов сохраняются достаточно высокие значения коэффициента фильтрации (12 м/сут.), которые более чем в три раза превосходят значения при начальной влажности 16 % и более чем в 8 раз по сравнению с начальной влажностью 20 %.

Если в течение опытов коэффициент фильтрации при начальной влажности 2 % снизился только в 1,6 раза, то при начальной влажности 20 % это снижение составило 11,4 раза.

Подобные выводы сделаны К. К. Сивицким, который установил, что в западинах из-за различной начальной влажности почвы максимальные модули дренажного стока при одинаковых глубинах затопления могут различаться до 5 раз [9]. Эти данные подтверждаются зарубежными рекомендациями о необходимости засыпки дренажа подсушенным грунтом [7].

Далее в процессе эксплуатации проницаемость засыпки будет зависеть и от водопримной, и от водоотводящей способности самого дренажа.

В результате проведенных ранее наблюдений при раскопках дренажных линий в глинистых грунтах установлено, что при работе дренажа без застаивания воды в траншейной засыпке последняя сохраняет рыхлую структуру и высокую водопроницаемость спустя более 20 лет после строительства. Там, где в засыпке застаиваются воды, происходит размокание почвенных агрегатов и засыпка по своему физическому состоянию приближается к ненарушенному грунту. Поскольку при атмосферном водном питании отвод избыточных вод дренажно-коллекторной сетью происходит преимущественно через траншейную засыпку, то это явление резко снижает эффективность действия дренажа.

Подобные факты наблюдались при разрушении дренажных труб, выходе из строя смотровых колодцев, подпоре от открытого канала. Разрушение дренажного коллектора вызывает подпор воды в вышерасположенной части коллектора и впадающих в нее дре-

нах, размокание и оплывание грунта засыпки. Восстановление разрушенного коллектора уже не спасало положения, поскольку восстановить проницаемость засыпки было уже невозможно.

Из изложенного следует еще один важный практический вывод: при наличии глинистых или суглинистых грунтов в увлажняемой зоне нельзя устраивать системы подпочвенного увлажнения. Их эффективность будет крайне низкой как при работе в режиме увлажнения, так и в режиме осушения – вследствие образования слабОВОДПРОНИЦАЕМОЙ прослойки из размокшего глинистого грунта в траншейной засыпке.

Усиление эффективности дренажа с помощью дополнительных мероприятий

Из наиболее широко известных и рекомендуемых дополнительных мероприятий по усилению действия дренажа следует отметить в первую очередь глубокое рыхление и кротовый дренаж. Однако в последнее время они почти не упоминаются, что вызвано новыми экономическими условиями. Эффективность глубокого рыхления и кротового дренажа сохраняется в течение 1–2 лет, и только в редких случаях их действие остается заметным на 3–4-й год [10]. После этого эти мероприятия следует возобновлять, но их высокая энергоемкость и возросшие цены на топливо ставят под сомнение результативность данных действий.

Другим важнейшим способом усиления действия дренажа является устройство траншейных засыпок из более проницаемых материалов по сравнению с обратной засыпкой вынутым грунтом. При этом по всей длине дрены она устраивается крайне редко, большей частью для исследовательских целей. Практически такие засыпки выполняют пунктирно либо в локальных понижениях в виде своеобразных фильтрующих окон или водопоглотительных колонок [11]. Широкие исследования засыпок из песчано-гравийной смеси, керамзита и других зернистых материалов проведены в Беларуси, России, Украине, странах Балтии, Германии, Нидерландах, Великобритании и др.

Из всех сыпучих фильтрационных засыпок в первую очередь рекомендуется песчано-гравийная смесь как наиболее распро-

страненный природный и наиболее дешевый материал, если не принимать во внимание транспортные расходы.

Исследованиями Ш. И. Брусиловского установлено, что наименьшую глубину промерзания имеет засыпка из торфа [12]. В весенний период раньше всех оттаивала засыпка из песка и позднее – из торфа. Это объясняется разницей в теплопроводности: торф, особенно сухой, медленно промерзает, но медленно и оттаивает. Весной крайне важны и более раннее включение засыпок в

работу, и соблюдение сроков сева сельскохозяйственных культур.

Изменение водопроницаемости засыпок дренажных траншей через 5 лет после устройства дренажа представлено в табл. 4.

Данные таблицы позволяют заключить, что водопроницаемость засыпок снизилась в верхних слоях вследствие перемешивания с почвой пахотного слоя. В более глубоких горизонтах проницаемость их практически не изменилась, оставаясь достаточно высокой по отношению к засыпке вынутым грунтом.

Таблица 4. **Водопроницаемость засыпок дренажных траншей** [12]

Вид дренажной засыпки	Водопроницаемость (м/сут.) в слое, см					
	1970 г.			1975 г.		
	0–5	20–25	45–50	0–5	20–25	45–50
Вынутый грунт	2,91	0,21	0,07	0,60	0,06	0,08
Смесь гумусного и подпахотного слоев	2,50	0,48	0,17	4,10	0,95	0,11
Гравийно-песчаная смесь	7,0	10,5	7,5	2,0	5,5	7,3

В Литве для отвода поверхностных вод из понижений в дренаж рекомендуется засыпка из смеси вынутого грунта со слаборазложившимся фрезерным торфом, песчано-гравийной смесью, щепой из древесно-кустарни-

ковой растительности, произрастающей на объекте, устройство фашин с обкладкой соломой или обсыпкой щебнем [13]. Для повышения эффекта предлагается вносить не менее 3 % извести от общей массы грунта.

Основные выводы

1. Анализ материалов по теме показал, что изменение коэффициента фильтрации во времени происходит по экспоненциальной зависимости, характерной для большинства естественных затухающих процессов. Однако и спустя 10–15 лет после строительства его значения в 5–8 раз превосходят значения для ненарушенного грунта в междренье.

2. Зафиксировано влияние начальной влажности дренажной засыпки на ее водопроницаемость. Длительными опытами с суглинистыми грунтами при начальной влажности 2, 5, 8, 12, 16 и 20 % установлено, что и коэффициент фильтрации грунта, имевшего начальную

влажность 2 %, оказался в 8 раз большим, чем у грунта с начальной влажностью 20 %.

3. Осушительно-увлажнительные системы нецелесообразно строить при наличии в зоне подпочвенного увлажнения прослоек глинистых или суглинистых грунтов, которые при размокании образуют слабопроницаемую прослойку в траншейной засыпке.

4. При реконструкции систем на слабопроницаемых грунтах технически и экономически наиболее оправдано применение дренажа с устройством фильтрующих окон или водопоглотительных колонок различных конструкций.

Библиографический список

1. Руководство по проектированию и изысканиям объектов мелиоративного и водохозяйственного строительства в Белорусской ССР (РПИ-82) : в 2 ч. / Белгипроводхоз ; гл. ред. П. Е. Лапчук ; ред. комиссия: Г. В. Азява [и др.]. – Минск, 1985. – Ч. 2. Осушительные и осушительно-увлажнительные системы, кн. 1. Осушительные системы самотечные. – 280 с.

2. Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования = Мелиоративныя сістэмы і збудаванні. Нормы праектавання : ТКП 45-3.04-8-2005 (02250). – Введ. 01.11.2005 (с отменой на территории Респ. Беларусь СНиП 2.06.03-85). – Минск : М-во арх-ры и стр-ва Респ. Беларусь, 2018. – 116 с.

3. Печенина, В. С. Изменение водопроницаемости дренажных засыпок во времени / В. С. Печенина // Мелиорация и вод. хоз-во. Сер. 2. Экспресс-информация. Эксплуатация мелиоративных систем. – М. : ЦБНТИ Минводхоза СССР, 1975. – Вып. 12. – С. 3–11.

4. Войтович, И. В. Прогнозирование фильтрационных свойств траншейной засыпки в процессе работы закрытого дренажа / И. В. Войтович // Повышение эффективности осушительно-увлажнительных систем : сб. науч. тр. – Киев : УкрНИИГиМ, 1985. – С. 107–112.

5. Яковлев, В. В. Модули дренажного стока на суглинистых почвах Смоленской области / В. В. Яковлев // Мелиорация и вод. хоз-во. Сер. 2. Экспресс-информация. Эксплуатация мелиоративных систем. – М. : ЦБНТИ Минводхоза СССР, 1972. – Вып. 3. – С. 25–33.

6. Канцибер, Ю. А. Вариантное проектирование осушительной сети в слабоводопроницаемых грунтах / Ю. А. Канцибер, Ю. Б. Игнатов // Мелиорация и вод. хоз-во. – 1990. – № 11. – С. 33–56.

7. Эггельсманн, Р. Руководство по дренажу / Р. Эггельсманн. – М. : Колос, 1984. – 248 с.

8. Климков, В. Т. Влияние начальной влажности дренажной засыпки на ее водопроницаемость / В. Т. Климков, Л. Н. Чайка // Сельскохозяйственные мелиорации и гидротехника : сб. науч. тр.; редкол.: П. У. Равовой (отв. ред.) [и др.]. – Горки : Белорус. с.-х. акад., 1993. – С. 48–53.

9. Сивицкис, К. К. Осушительная эффективность дренажа в замкнутых впадинах суглинистых почвогрунтов : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 06.01.02 / К. К. Сивицкис ; БелНИИМиЛ. – Минск, 1991 г. – 21 с.

10. Рекомендации по осушению тяжелых почв закрытым дренажом с применением агро-мелиоративных мероприятий и химмелиорантов. – М. : ВНИИГиМ, 1987. – 43 с.

11. Горбачев, В. В. Поглотитель / В. В. Горбачев // Мелиорация : энцикл. справочник / под общ. ред. А. И. Мурашко. – Минск : Белорус. совет. энцикл., 1984. – С. 365–366.

12. Брусиловский, Ш. И. Организация поверхностного стока на минеральных землях / Ш. И. Брусиловский. – Минск : Ураджай, 1985. – 136 с.

13. Блажис, Б. И. Мероприятия для отвода поверхностных вод с дренированных земель / Б. И. Блажис, В. Б. Шаулис // Повышение эффективности осушительно-увлажнительных систем : сб. науч. тр. – Киев : УкрНИИГиМ, 1985. – С. 17–23.

Поступила 23 июня 2021 г