

## ОСУШИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ ДРЕНАЖА НА ТЯЖЕЛЫХ ПОЧВАХ

**А. И. Митрахович**<sup>1</sup>, кандидат технических наук

**И. Ч. Казмирук**<sup>2</sup>, кандидат технических наук

<sup>1</sup>РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

### Аннотация

Изучен опыт исследования осушительной способности дренажа на слабопроницаемых минеральных почвах по данным отечественных и зарубежных ученых. Характеризуются природные условия изученных объектов и применяемые конструкции дренажа. Отмечаются основные причины неудовлетворительной работы дренажа и факторы, их обуславливающие. Приведены наиболее эффективные мероприятия и конструктивные решения дренажных систем, повышающие их быстродействие в сложных природных условиях на тяжелых почвах. Данный опыт исследований рекомендуется использовать при разработке конструкций дренажа с учетом изменяющихся природных условий, применяя современные, более технологичные способы строительства и новые материалы.

**Ключевые слова:** горизонтальный дренаж, почвогрунт, коэффициент фильтрации, траншейная засыпка, пахотный слой.

### Abstract

**A. I. Mitrakhovich, I. Ch. Kazmiruk**

### THE DRAINAGE CAPACITY OF DRAINAGE ON HEAVY SOILS

The article considers the experience of studying the drainage capacity of drainage on poorly permeable mineral soils according to the data of domestic and foreign scientists. The natural conditions of the studied objects and the applied drainage designs are characterized. The main reasons for the unsatisfactory operation of drainage and the factors causing them are noted. The most effective measures and constructive solutions for drainage systems are given, which increase their performance in difficult natural conditions on heavy soils. It is recommended to use this research experience in the development of drainage structures, taking into account changing natural conditions, using modern, more technological construction methods and new materials.

**Keywords:** horizontal drainage, soil, filtration coefficient, trench backfill, arable layer.

### Введение

Актуальная долговременная задача мелиоративной отрасли Республики Беларусь – повышение эффективности действия мелиоративных систем по регулированию водного режима почв. В первую очередь это касается систем горизонтального дренажа, которым в нашей стране осушено более 2 млн га переувлажненных земель. Однако если осушение переувлажненных легких почвогрунтов не является проблемой, то мелиорация тяжелых – тема постоянных дискуссий и споров.

Эффективность работы дренажной системы зависит от многих факторов. В течение

длительного времени во многих странах, в том числе и Беларуси, велись работы по совершенствованию дренажных систем на тяжелых слабопроницаемых почвах для повышения эффективности их действия. Достижение этой цели сводится к выбору наиболее эффективной засыпки дренажной траншеи различных конструкций дренажа с учетом характера поступления воды в дрены, обеспечивающих необходимую интенсивность осушения и высокую их надежность, а также улучшению водно-физических свойств почвогрунтов.

### Основные результаты

Учеными Украинского института инженеров водного хозяйства в результате многочисленных исследований установлено, что одним из наиболее эффективных способов является закрытый дренаж с фильтрующей засыпкой

и поперечной прокладкой кротовых дрен, то есть комбинированный дренаж [1].

Другие исследователи отмечают, что основной причиной неудовлетворительного действия дренажа на тяжелых почвогрунтах

является низкая водопроницаемость подпахотного горизонта и дренажной засыпки [2]. Установлено, что в 50 случаях из 100 коэффициент фильтрации традиционной дренажной засыпки менее 0,2 м/сут, при этом максимальный модуль стока не превышает 0,3 л/с с га.

Согласно научно обоснованной концепции осушения слабоводопроницаемых почвогрунтов требуемая интенсивность осушения сельскохозяйственных земель закрытым дренажем может быть достигнута при расстоянии между элементами закрытой регулирующей сети не более 3–5 м в зависимости от окультуренности подпахотного слоя и использования земель. В связи с тем, что более 70 % избыточной воды поступает в дренаж по пахотному слою и по поверхности почвы, дренажная засыпка обязательно должна иметь повышенную водопроницаемость для обеспечения гидравлической связи с пахотным слоем и поверхностью почвы.

В результате экспериментов, проведенных Северным научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации на опытных участках с различными вариантами конструкций дренажа, было доказано следующее:

- поглощательные колонки из крупнопористых материалов на систематическом дренаже повышают дренажный сток в 1,2 раза осенью и до 2,8 раза весной и зимой;
- двухъярусный дренаж отводит в среднем в 3,8 раза больше воды, чем систематический с междренним расстоянием 10 м и объемным фильтром из ПГС слоем 0,2 м, а при наличии мерзлоты – в 12 раз больше воды, чем систематический [2].

В Эстонии проводились исследования осушительной способности дренажа на тяжелых почвах [3, 4]. Установлено, что в подпахотном слое почв содержалось 75–85 % физической глины на глубине 0,3–0,5 м с  $K_{\phi} = 0,008$  м/сут и что закрытый дренаж в этих условиях функционирует в режиме отвода поверхностных вод.

Переформировать поверхностный сток во внутрпочвенный при помощи глубокого дренажа (более 1,5 м) на глинистых почвах практически не удалось [2]. Средняя глубина дрен составляла 0,9–1,2 м с расстоянием между ними 10–12 м. Дрены присыпались гумусовым горизонтом, слоем 15 см. Траншейная засыпка состояла из вынутого грунта, содержащего 75–78 % глины. При сумме осадков за три месяца порядка 465 мм большая часть дренажа

в 1978–1981 гг. оказалась малоэффективной, повсеместно наблюдалось недоосушение: засыпка и подпахотный слой из-за переувлажнения и давления тяжелой уборочной техники сильно переуплотнились.

Анализ фильтрационной способности элементов дренажа показал, что пахотный слой тяжелых почв является составной его частью, поэтому для хорошей осушительной способности дренажа важна его высокая водопроницаемость, при которой обеспечивается приток воды к дренам в объеме расчетного модуля стока. При определении диаметра коллектора он составляет на глеевых почвах 1,1 л/с с га, на перегнойных глеевых – 1,3 л/с с га. Этим значениям соответствуют следующие значения притока воды ( $q$ ) к дренам: при расстоянии между ними  $E = 10$  м – 1,1 см<sup>3</sup>/с на 1 м длины, а при  $E = 12$  м – 1,32–1,56 см<sup>3</sup>/с.

Для определения  $q$  предлагается формула:

$$q = 1,48 \cdot k \cdot h, \quad (1),$$

где  $q$  – приток воды к дренам с двух сторон на 1 м ее длины, м<sup>3</sup>/с;

$k$  – коэффициент фильтрации пахотного слоя, м/сут;

$h$  – мощность пахотного слоя, м.

Как показали исследования, водопроницаемость пахотного слоя глинистых почв  $h = 0,2$  м в зависимости от их состояния изменяется от 1,5 до 8,2 см<sup>3</sup>/с при коэффициенте фильтрации 0,45–2,4 м/сут. Соответственно, водопроницаемость пахотного слоя обеспечивает формирование расчетного модуля стока.

Засыпки дренажных траншей состояли:

- из почвы пахотного слоя, содержащего гумус более двух третей по объему;
- смеси глины с содержанием гумуса от одного до двух третей с пахотной почвой;
- глины, вынутой при отрывке траншеи (обратная засыпка).

Результаты исследований показывают, что в улучшении водопроницаемости засыпки большую роль играет гумусовый слой. Например, при сроке эксплуатации 20–30 лет водопроницаемость засыпки, состоящей из гумусовой почвы и глины в пропорции 1:1, в 7–8 раз превышала водопроницаемость засыпки из глины, а у засыпки, состоящей только из гумусовой почвы, – в 15–20 раз.

Содержание гумусовой почвы оказывает влияние на продолжительность эффективного действия засыпки: чем больше ее в засыпке,

тем медленнее происходит снижение ее водопроницаемости. Водопроницаемость тяжелых почв, осушенных закрытым горизонтальным дренажем, с содержанием в обратной засыпке траншеи 75–85 % физической глины с  $K_{\phi} = 0,04$  м/сут, превышала водопроницаемость нетронутого подпахотного слоя примерно в 5 раз.

Фильтрационный расход через поперечное сечение засыпки траншеи шириной 0,5 м и при равномерном притоке воды по ее длине определяется по формуле:

$$q = 57,9 \cdot K_3 / E \quad (2),$$

где  $K_3$  – коэффициент фильтрации засыпки, м/сут;

$E$  – расстояние между дренами, м.

Вычисленная по этой формуле пропускная способность траншейной засыпки из смеси гумусового слоя и глины 1:1 не приводит к требуемой интенсивности осушения. Пропуск расчетного модуля стока, равного 1,1 л/с-га, обеспечивается при засыпке с содержанием гумусовой почвы около 50 %.

Присыпка дрена на тяжелых почвах должна выполнять функцию объемного фильтра с коэффициентом фильтрации более 1 м/сут. Гумусовая почва, применяемая как траншейная засыпка, удовлетворяет этому требованию в первые 15 лет эксплуатации дренажа. При использовании ее в качестве присыпки дрена общая водопроницаемость траншейной засыпки оказывается в 13 раз ниже требуемой. Это объясняется переувлажнением обсыпки дрена под действием нагрузки от засыпки и гидравлическим давлением, а также кольматацией гумусовой обсыпки дрена глинистым грунтом.

По данным К. Алеканда, при строительстве дренажа на почвах тяжелого гранулометрического состава для присыпки дрена использовался отвал грунта, где гумусовая почва перемешивается с глиной [5]. При экскавации мокрого грунта создается смесь, представляющая собой водонепроницаемый, а не фильтрующий материал.

Не оправдала себя обсыпка дрена из фрезерного торфа, которая в первые 2 года эксплуатации обеспечивала в 1,7 раза более высокие модули дренажного стока по сравнению с присыпкой из пахотного слоя. Однако после 17 лет работы разложившийся фрезерный торф представлял собой слабоводопроницаемую студенистую массу.

Для повышения водопроницаемости дрена может применяться гравийная засыпка. Также установлено, что в результате кольматации глиной водопроницаемость гравийной засыпки значительно снижается. Присыпка из грунта пахотного слоя функцию объемного фильтра не выполняет. Для обеспечения надежной гидравлической связи верхнего водопроницаемого слоя с дренажной трубой важна засыпка с хорошей проницаемостью. Это может достигаться засыпкой траншеи сухим грунтом с содержанием гумусовой почвы порядка 50 %. Непосредственно на дренах рекомендуется укладывать объемные фильтрующие материалы (гравий, опилки, древесную щепу, остатки торфа верхних слоев и – в порядке исключения – солому толщиной не менее 5 см), а на них присыпку из гумусового горизонта.

К мерам временного действия относится глубокое рыхление. Глубокая вспашка, рыхление тяжелых почв, а также посев трав улучшают их водно-физические свойства. Кротование оказывает положительную роль, что доказано опытами, проведенными исследователями Белорусской сельхозакадемии еще в 1948 г. Высокая эффективность бессточного кротового дренажа и эффективность комбинированного дренажа на лессовых почвах доказана в опытах А. И. Богдановича при осушении почв в Горьком районе [6]. Устойчивая работа кротовых дрена сохранялась более 3 лет.

На эффективность действия дренажа на тяжелых минеральных почвах существенно влияют дренажные засыпки, о чем указывают данные работ на опытных гидромелиоративных площадках участка «Коринка» и при естественном увлажнении почвы весной. Так, исследовались дренажные засыпки из аглопорита, керамзита, песка, пахотного слоя и вынутого грунта. Наиболее эффективными оказались засыпки из аглопорита с керамзитом, которые увеличили дренажный сток в осенний период на участке «Коринка» в 25 раз, засыпка из керамзита – в 21 раз, из пахотного слоя – в 11 раз по сравнению с обратной засыпкой вынутым грунтом.

Эти данные получены спустя два года после строительства закрытого дренажа, когда засыпка уже уплотнилась. Коэффициент фильтрации засыпки из грунта пахотного слоя

и вынутаго грунта составляли 1,7 и 0,3 м/сут соответственно. Исследования показали, что водопроницаемость грубопористых и гравийно-песчаных засыпок существенно не изменилась. Их кольматация при обработке почвы также не наблюдалась. В зимний период пустоты между отдельными агрегатами фильтрующего материала на 60–70 % были заполнены рыхлым льдом, однако оставшихся свободных пустот оказалось достаточно для отвода избыточных вод в весенний период.

Процесс осушения дренажа тяжелых минеральных почвах породил дискуссию о нецелесообразности его применения. Однако обширные и всесторонние опыты по изучению работоспособности гончарного дренажа, проведенные под руководством А. И. Ивицкого на опытных участках в Шарковщинском районе, доказали, что его эффективность зависит от многих факторов и, в частности, от дополнительных мероприятий по отводу поверхностных вод, водопроницаемости дренажных засыпок, уровня агротехники и глубины промерзания почвы [7, 8].

Доказано, что на одном и том же участке с тяжелыми почвами гончарный дренаж работает хорошо при малой глубине промерзания (30–65 см) и очень плохо или вовсе не работает при большой глубине промерзания почвы и засыпок (80–90 см) [9].

Главные задачи при осушении тяжелых почв – своевременный отвод поверхностных вод и перераспределение влаги по почвенным горизонтам. Необходимо применять для отвода поверхностной воды водопроницаемую дренажную засыпку хотя бы из грунта пахотного слоя, проводить планировку поверхности для ликвидации мелких западин, в понижениях устанавливать колодцы-поглотители или использовать выборочный дренаж с грубопористой засыпкой траншеи и др.

Для выяснения путей попадания воды в дренажную засыпку проведены специальные

опыты на двухъярусном дренаже: в траншею закладывалась гончарная дрена на глубине 1,0 м, ее засыпали на высоту 0,5 м пахотным гумусным слоем с коэффициентом фильтрации 2–3 м/сут. Задача верхней дрены – отводить воду из глинистого горизонта почвы с коэффициентом фильтрации 0,2 м/сут. Верхняя дрена отводила воду из пахотного и подпахотного слоев, а также воду, поступающую с поверхности почвы.

Исследования показали, что дренаж действовал довольно интенсивно. Дрена верхнего яруса отвела за месяц 25,8 мм избыточной воды, а нижнего – 27 мм. На долю стока с поверхности почвы пахотного слоя и частично подпахотного приходилось 48 %, а на долю подпахотного и подстиляющего горизонта мощностью 0,5 м – 52 %. В летний и осенний периоды, когда выпадали осадки в пределах среднемноголетней нормы или происходило кратковременное переувлажнение, соотношение изменялось в сторону увеличения отвода воды верхним ярусом.

При изучении формирования стока по горизонтам тяжелых глин в условиях Калининградской обл. (Российская Федерация) было установлено, что годовой объем дренажного стока в среднем по водности году распределяется следующим образом: сток пахотного слоя – 43 %, подпахотного – 29, сток по поверхности почвы через засыпку – 28 % [9].

Краткий обзор опыта исследований осушительного действия горизонтального дренажа на слабводопроницаемых грунтах в различных регионах позволяет судить о его эффективности и целесообразности строительства с учетом установленных достоинств дренажных систем с применением разных конструктивных решений. Следует принимать во внимание недостаточный объем научных исследований по вопросам действия горизонтального дренажа на тяжелых почвах в последние десятилетия.

### Выводы

1. Проанализированы результаты опыта исследований осушительного действия горизонтального дренажа на тяжелых почвах в условиях России, Беларуси, Украины, Эстонии.

2. Установлены основные факторы и конструктивные решения дренажа, влияющие на его неудовлетворительную работу.

3. Отмечаются конструктивные элементы дренажа, наиболее существенно влияющие на повышение его осушительного действия.

4. Рекомендуются расчетные зависимости для определения притока воды к дренам.

**Библиографический список**

1. Кожушко, П. Ф. Агромелиоративная дренажная система для тяжелых почв / П. Ф. Кожушко, С. В. Кравец // Мелиорация и вод. х-во. – 1990. – № 6. – С. 40–42.
2. Штыков, В. И. Прогрессивные конструкции дренажа для осушения слабоводопроницаемых грунтов / В. И. Штыков, А. И. Климко // Мелиорация и вод. х-во. – 1997. – № 1. – С. 43–45.
3. Томсон, Х. Ю. Исследование действия глубокого дренажа на тяжелых глинистых почвах / Х. Ю. Томсон // Науч. тр. Эстон. НИИ земледелия и мелорации. – Таллин, 1985. – С. 139–147.
4. Томсон, Х. Ю. Осушительная способность дренажа на глинистых почвах Эстонии / Х. Ю. Томсон // Науч.-техн. информация по мелиорации и вод. х-ву. – 1991. – № 10. – С. 37–39.
5. Изучение качества дренажа в 1974–1982 гг. (рекомендации для мелиораторов) / К. Ф. Алеканд [и др.]. – Таллин, 1983. – 40 с.
6. Богданович, А. И. Осушение пылевато-суглинистых периодически переувлажняемых почв разреженным и выборочным гончарным дренажем : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А. И. Богданович ; М-во с. х. СССР, Белорус. с.-х. акад. – Горки, 1964. – 24 с.
7. Ивицкий, А. И. Основы проектирования и расчетов осушительных и осушительно-увлажнительных систем / А. И. Ивицкий. – Минск : [б. и.], 1993. – 202 с.
8. Ивицкий, А. И. Осушительное действие закрытого дренажа в минеральных почвах / А. И. Ивицкий // Тр. БелНИИМиВХ. – Минск : Ураджай, 1968. – Т. 16. – С. 3–23.
9. Мелиорация тяжелых минеральных почв : сб. науч. тр. / Сев. НИИ гидротехники и мелиорации ; А. И. Климко (гл. ред.). – Ленинград : СевНИИГиМ, 1983. – 117 с.

Поступила 2 июня 2022 г.