

ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ И РЕМОНТА ОСУШИТЕЛЬНОГО
ТРУБЧАТОГО ДРЕНАЖА

Ю. Г. Янко¹, А. Ф. Петрушин¹, Е. П. Митрофанов¹, А. С. Старцев¹, Е. Г. Кузнецк²

¹ ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»

195220, г. Санкт-Петербург, Гражданский пр., 14;

² ФГБУ «Управление «Псковмелиоводхоз»

180014, г. Псков, Новгородская ул., 11

E-mail: yanko@agrophys.ru

Поступила в редакцию 01 сентября 2020 г., принята к печати 25 ноября 2020 г.

В работе рассматриваются разные варианты очистки трубчатой дренажной системы с применением различных рабочих органов и транспортировочных средств для удаления вымываемого наилка. Описаны проведённые опыты по моделированию заиливания дрен в лабораторных условиях с дальнейшей их промывкой в разных режимах.

Ключевые слова: закрытый трубчатый дренаж, мелиоративный рабочий орган, наилок, осушительная мелиорация, реконструкция мелиоративной сети.

PROBLEMS OF FAULT DIAGNOSTICS AND REPAIRMENT OF DRYING PIPE DRAINAGE

Yu. G. Yanko¹, A. F. Petrushin¹, E. P. Mitrofanov¹, A. S. Startsev¹, E. G. Kuzenok²

¹Agrophysical Research Institute

14, Grazhdanskiy pr., St. Petersburg, Russia, 195220;

²Pskovmeliiovodkhoz

11, Novgorodskaya St., Pskov, Russia, 180014

E-mail: yanko@agrophys.ru

The paper considers different methods for a pipe drainage system cleaning using various working bodies and transport tools to remove the washed-out silt. The experiments on drain siltation modeling in laboratory conditions with their further flushing by different methods are described.

Keywords: closed pipe drainage system, reclamation working body, silt, drainage reclamation, reconstruction of the reclamation network.

ВВЕДЕНИЕ

Опыт использования осушенных мелиорированных сельскохозяйственных земель Нечерноземной зоны Российской Федерации показал, что состояние трубчатой дренажной сети в значительной степени влияет на продуктивность осушенных земель. От эффективности работы осушительной мелиоративной системы напрямую зависит водно-воздушный режим почв и, как следствие, урожайность сельскохозяйственных культур, возделываемых на осушенном участке (Якушев, 2016). В процессе эксплуатации участка, осушенного с помощью трубчатого дренажа, происходит заиливание внутренней полости трубчатой дрены по причине попадания в нее пылеватых частиц грунтов вместе с отводимой влагой через стыки дренажных керамических трубок или щели в пластмассовых трубчатых дренах. Для очистки дренажных труб от илистых отложений применяются различные способы и средства механизации, например гидравлический размыв, разрушение отвердевшего ила в дрене с помощью химических препаратов, механический способ удаления ила (Дубенок, 2013). В результате проведенного в 2019 г. обследования 362,244 тыс. га мелиорированных сельскохозяйственных угодий, расположенных на 2503 участках в 17 районах Ленинградской области, установлено, что в хорошем состоянии находится

33,76 тыс. га (9,3%), в удовлетворительном – 164,29 тыс. га (45,4%), в неудовлетворительном – 164,20 тыс. га (45,30%), в том числе по причине недопустимого УГВ – 42,04 тыс. га (11,6%). Не использовались в сельхозпроизводстве 113 тыс. га (31,4%), в том числе 42,62 тыс. га мелиорированных земель, подлежащих списанию или переводу в другие категории застройки с полной амортизацией мелиоративных систем (Государственный доклад, 2016).

В нашей стране и некоторых зарубежных странах, таких как Нидерланды и США (Гулюк, 2020; Дубенок, 2015), разработаны технологии и механизирован технологический процесс очистки дренажей гидравлическим способом. Применение данного способа ограничено из-за существенных недостатков, к которым относятся низкая производительность машин (до 35 м³ ч⁻¹), высокий расход воды на промывку дрены (до 70 л м⁻¹), необходимость рытья технологических шурфов через 20–30 м, тяжелый ручной труд и высокая энергоёмкость процесса промывки дренажа. Одной из причин, обуславливающих указанные недостатки, является слабость научно обоснованной теории размыва и транспортировки в полости трубчатой дрены илистых отложений при перемещении подающей жидкостью шланга и рабочего органа, осуществляющего размыв ила струями. Наиболее

эффективным и экологически безопасным, по мнению авторов, является гидравлический способ в сочетании с добавлением в промывочную воду поверхностно-активных веществ и использованием воздушного потока.

Целью проводимых в Агрофизическом НИИ исследований является научное обоснование параметров рабочих органов и процессов очистки трубчатой дренажной сети осушительных мелиоративных систем от илистых отложений, которые обеспечивают снижение эксплуатационных затрат и увеличение производительности технических средств, используемых в технологическом процессе очистки трубчатых дрен от ила.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Модели рабочих органов в масштабах 1:3 и 1:1 разрабатывались и изготавливались в Агрофизическом НИИ, исследовательские испытания проводились в лаборатории агроклимата. Исследовательское оборудование для моделирования состава и

технических характеристик илистых отложений в полостях трубчатых дрен различных диаметров, изготовленных из керамики и пластмассы и применяемых при строительстве осушительного трубчатого дренажа, было разработано, изготовлено и запущено в работу в 2017 г. Длина модельной дрены – 28 пог. м., диаметр – от 40...150 мм. Угол уклона дрены составляет 3° и выставляется по копирному тросу и лучу лазерной установки (рис. 1). Влажность моделируемого в полости дрены и удаляемого из нее ила определялась термостатно-весовым методом (ГОСТ 28268-89), плотность илистых отложений измерялась по ГОСТ 5180-84, давление (вакуум) и расход воздуха в полости дрены и рабочей жидкости, включая ПАВ, – при помощи манометров. Энергоемкость процесса определялась с помощью счетчиков электроэнергии, потребляемой насосными станциями стенда. Обработка данных проводилась по методике полевого опыта Б. А. Доспехова.



Рис. 1. Модельная дрена

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Подготовка модельного ила и его укладка в исследуемую трубчатую дрину с последующим доведением его до состояния, близкого к естественному, имеет существенное значение для получения достоверных результатов измерений и характеристик процесса восстановления работы осушительного трубчатого дренажа. Для этого из открытого осушительного канала напротив устья коллектора был произведен забор ила и проведена его сепарация до фракции не более 1,5–2 мм (рис. 2), что соответствует величине зазора между керамическими трубчатыми дренами.

Для приведения стендового оборудования в состояние, подходящее для проведения исследовательских работ, проведено три цикла (табл. 1) заполнения дренажных трубок подготовленным наилком, доведенным при помощи воды до состояния полного влагонасыщения. Затем на специально изготовленном вибростоле производилось уплотнение наилка и удаление излишней воды при вибрировании (рис. 3), после чего выполнялось взвешивание наполненных трубок и осуществлялась их просушка до необходимых показателей влажности.



Рис. 2. Забор наилка и его сепарация

Таблица 1. Циклы подготовки дренажных трубок к испытаниям.

Период подготовки	Объём наилка для заполнения трубки, л	Влажность грунта, %	Усадка грунта, см	УГВ _{max}	Объём стока, л	Плотность грунта, г см ⁻³
Исходный наилок	60	60,1	—	—	—	1,25
1-й цикл	10	41,2	22–27	75	310	1,35
2-й цикл	8	28,4	5–8	72	90	1,43
3-й цикл	7,5	24,2	1–2	70	82	1,52



Рис. 3. Вибростол для уплотнения наилка в модельной дрене

Анализ данных, представленных в табл. 1, показывает, что уже после первого цикла влажность наилка уменьшилась с 60,1% до 41,2%, а его плотность увеличилась с 1,25 до 1,35 г см⁻³. Если в 1-м цикле соотношение объема заливки к объему стока составило 4:1, то во 2-м и 3-м циклах оно уменьшилось до 2,2:1, что свидетельствует о стабильном влагонасыщенном состоянии наилка. Это значит, что смоделировано заилиение дрены, а стенд подготовлен к проведению исследовательских работ.

После подготовки проводилась промывка дренажа различными рабочими жидкостями. Промывка осуществлялась:

- водой;
- водой с добавлением ПАВ;
- водой с добавлением ПАВ и использованием воздушного потока.

При проведении испытаний применялась разработанная специалистами Агрофизического института новая промывочная реактивная насадка (рис. 4), предназначенная для размыва твердого охристого слежавшегося наилка при заилиении более 80% от поперечного сечения дрены диаметром от 40

до 75 мм. Насадка имеет шесть боковых отверстий диаметром 0,5 мм, просверленных под углом 45 градусов к оси дрены.

С целью уменьшения сопротивления рабочей жидкости при промывке дренажа в лабораторных условиях на стенде в рабочую жидкость (водопроводная вода) добавлялось ПАВ (поверхностно-активное вещество). В качестве ПАВ использовался алкилполиглюкозид С8-С10, характеристики которого приведены в табл. 2. Выбор данного вещества обоснован тем, что оно является биоразлагаемым и практически не оказывает влияния на окружающую среду, а его токсичность в воде значительно меньше, чем у обычных алкилалкоксилатов.

Результаты испытаний, приведенные в табл. 3, показывают, что добавление ПАВ в рабочую жидкость при промывке заиленного дренажа привело к уменьшению расхода жидкости на 5%, а использование воздушного потока — на 20%. При этом использование ПАВ и воздушного потока также способствовало повышению эффективности работ по промывке дренажа (производительность увеличилась на 25%).



Рис. 4. Реактивная насадка конструкции ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»

Таблица 2. Характеристики используемого ПАВ.

Внешний вид	Светло-желтая жидкость
pH	11,5–12,5
Основного вещества, % масс., не менее	70,0
Вязкость, МПа*с при 20°C, не менее	2000
Остаток жирных спиртов, % масс., не более	1
Золы, % масс., не более	4
Число углеродных атомов	8-10

Таблица 3. Результаты испытаний, проведенных с использованием реактивной промывочной насадки (на 1 погонный метр дрены диаметром 100 мм).

Показатель	Промывка водой	Промывка водой + ПАВ	Промывка водой + ПАВ + воздух
Степень заилиenia, %	80	80	80
Влажность наилка, %	41,2	41,2	41,2
Плотность наилка, кг см ⁻²	1,35	1,35	1,35
Наличие корней в наилке, %	2	2	2
Время очистки дрены, сек	64	57,6	49,0
Объем использованной воды, л	9,2	8,8	7,5
Объем возвратной воды для повторного использования, л	5	4,5	3,8
Объем вымытого наилка, л	5,6	5,6	5,7
Количество затраченной электроэнергии, Вт	2,8	2,5	3,7
Остаток наилка в дрене, л	0,6	0,5	0,5
Производительность, пог. м в час	56,25	62,5	73,5
Рабочее давление в промывочном шланге, МПа	120	120	120
Рабочее давление в промываемой дрене, МПа	4	4	4
Расход воды насосной станции, л мин ⁻¹	14,8	13,3	11,3

ВЫВОДЫ

1. Очистку трубчатых дрен с заилиением 80% и более от объема полости дрены следует проводить в два этапа. Первый этап – увлажнение ила и его измельчение фрезерным рабочим органом вместе с проросшими в дрены корнями растений до сметанообразной массы при высоком давлении в промывочном шланге (около 40...60 МПа). На втором этапе производится удаление ила из дрены реактивным рабочим органом с помощью большого количества воды при низком (до 10 МПа) давлении в промывочном шланге.

2. Добавление ПАВ в используемую для очистки дрен жидкость позволяет добиться снижения энергоемкости процесса.

3. Подключение к гидросистеме станда, который создает в промывочном шланге напор воздуха давлением 3...6 МПа в пульсирующем режиме, позволяет повысить качество очистки дрены и производительность работ.

Список литературы

- Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2015 г.». М.: НИА-Природа, 2016. 270 с.
- Гулюк Г.Г., Янко Г.Г., Штыков В.И., Черняк М. Б., Петрушин А. Ф. Руководство по мелиорации полей. СПб., 2020. 219 с.
- Дубенок Н. Н., Ушачев И. Г., Алтухов А. И. и др. Импортзамещение в АПК России: проблемы и перспективы. М.: Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства, 2015. 447 с/
- Дубенок Н. Н., Якушев В. П., Янко Ю. Г. Мелиорация земель Ленинградской области: проблемы и инновационные пути их разрешения // Агрофизика. 2013. № 2. С. 2–9.
- Якушев В. П., Усков И. Б., Янко Ю. Г. Мелиорация Северо-Запада России и ее результаты (на примере Ленинградской области) // Мелиорация и водное хозяйство. 2016. № 3. С. 59–61.

References

- Gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii i ispol'zovanii vodnykh resursov Rossiyskoy Federatsii v 2015 g.»* [State report «On the state and use of water resources of the Russian Federation in 2015»]. Moscow: NIA-Priroda, 2016, 270 p.
- Gulyuk G. G., Yanko G. G., Shtykov V. I., Chernyak M. B., Petrushin A. F. *Rukovodstvo po melioratsii poley* [Field Reclamation Guide]. Saint-Petersburg, 2020, 219 p.
- Dubenok N. N., Ushachev I. G., Altukhov A. I. *Importozameshcheniye v APK Rossii: problemy i perspektivy* [Import substitution in the agro-industrial complex of Russia: problems and prospects]. Moscow: Publishing House of the All-Russian Research Institute of Agricultural Economics, 2015, 447 p.
- Dubenok N. N., Yakushev V. P., Yanko Yu. G. *Melioratsiya zemel' Leningradskoy oblasti: problemy i innovatsionnyye puti ikh razresheniya* [Land reclamation in the Leningrad region: problems and innovative ways to solve them] // *Agrofizika*, 2013, no. 2, pp. 2-9.
- Yakushev V. P., Uskov I. B., Yanko Yu. G. *Melioratsiya Severo-Zapada Rossii i yeye rezul'taty (na primere Leningradskoy oblasti)* [Reclamation of the North-West of Russia and its results (on the example of the Leningrad region)] // *Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo*, 2016, no. 3, pp. 59–61.

