

УДК 631.3 : 626:86

ОЧИСТКА ДРЕНАЖНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ОТ ЗАИЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИМ СПОСОБОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ УСТРОЙСТВА ОД-100

Н.Н. Погодин, кандидат технических наук,

А.С. Анженков, кандидат технических наук,

В.А. Болбышко, кандидат технических наук

РУП «Институт мелиорации»

г. Минск, Беларусь

Аннотация

Приведен энергосберегающий способ очистки закрытой коллекторной сети от заиления с применением устройства ОД-100, оснащенного новыми видами очистных насадок.

Ключевые слова: закрытая дренажная сеть, оценка состояния, способ очистки, очистные насадки, консистенция пульпы, эффективность

Abstract

N.N. Pogodin, A.S. Anzhenkov, V.A. Bolbyshko
DEVICE OD-100 REMOVES SILTATION IN DRAINAGE MECHANICALLY

A new energy-saving method demonstrates how to remove siltation in drainage by OD-100 equipped with new types of cleaning nozzles.

Keywords: ground drainage network, condition assessment, cleaning method, cleaning nozzles, consistency of pulp, efficiency

Введение

В Республике Беларусь закрытая дренажная сеть обеспечивает проектный водный режим на 2,23 млн. га мелиорированных сельскохозяйственных земель. Суммарная протяженность подземных труб сети составляет 957 тыс. км: 780 тыс. км – регулирующая дренажная и 177 тыс. км – проводящая коллекторная сеть. Несвоевременное или некачественное выполнение ремонтно-эксплуатационных работ приводит к заилению, заохриванию и закупориванию корнями растений и кустарника коллекторных и дренажных линий.

В настоящее время основным способом очистки проводящей коллекторной сети от заиления является гидродинамический, основанный на использовании дренопромывочных машин типа УПД-120. Однако очистка сети данным способом энергозатратна и требует больших денежных вложений.

При наличии дренажного стока одним из вариантов снижения стоимости очистки коллекторов и повышения производительности работ является способ механической очистки с применением устройства ОД-100, оснащенного специальными очистными насадками, обеспечивающими разрыхление и извлечение отложений из трубопроводов.

Результаты исследований и их обсуждение

Исследования по оценке внутреннего состояния и очистке коллекторной сети от заиления механическим способом с применением устройства ОД-100 [1] проводились в Минском ПМС на объекте реконструкции м.с. «Свислочь» КСУП МПЗ «Белорусский», Логойском ПМС на объекте реконструкции м.с. «Пущенка» в ОАО Нестановичи-Агро» и в Червенском ПМС на объекте реконструкции м.с. «Волма» в КСУП «Минская овощная фабрика» в 2016-2017 гг.

На коллекторах с отсутствием дренажного стока оценку их внутреннего состояния на предмет определения степени заиления и повреждений осуществляли с применением головок контрольных (ГК) диаметром 40, 60 и 80 мм, устанавливаемых на стеклопластиковый стержень (длина 150 м) устройства ОД-100 (рисунок 1).

Степень заиления коллектора ориентировочно оценивали путем возможности прохода головки контрольной в его полости (таблица 1).

Свободный проход головок контрольных диаметром 60 мм и 80 мм в коллекторах диаметром 75 и 100 мм означает, что заиление не превышает 15 % от площади сечения трубопровода, т.е. состояние коллекторов удовлетворительное. При не прохожде-



Рисунок 1. – Оценка внутреннего состояния коллектора с применением устройства ОД-100

нии данных головок устанавливали головку диаметром 40 мм и оценивали степень заиления коллектора в соответствии с таблицей 1. На основании проведенных исследований давали оценку состояния коллекторов (удовлетворительное, неудовлетворительное) и отмечали расстояние от устья, на котором необходимо отрывать шурфы и выполнять ремонтные работы.

Таблица 1. – Степень заиления коллекторов в зависимости от их диаметров и диаметров контрольных головок

Диаметр коллектора, мм	Диаметр головок контрольных, мм				
	40	60	80	100	120
	Степень заиления коллектора, % не более				
75	46	14	-	-	-
100	63	37	14	-	-
125	72	53	32	14	-
150	79	63	46	29	14

При наличии дренажного стока очистку коллекторов от заиления, железистых соединений и частично корней растений выполняли с применением насадок пластинчатых НП-60, НП-80 мм и насадок мягких НМ-60, НМ-80 соответственно диаметром 60 и 80 мм (рисунок 2 и 3).



Рисунок 2. – Насадки пластинчатые: НП-60, НП-80



Рисунок 3. – Насадки мягкие НМ-60 и НМ-80 (патент ВУ 11583)

При продвижении по коллектору насадки пластинчатые разрыхляют отложения, которые затем выносятся наружу потоком воды. Эффективность очистки при этом зависит от величины расхода и скорости потока воды в коллекторе. Насадки мягкие НМ-60 и НМ-80 позволяют более эффективно производить очистку, особенно при малых величинах расхода воды в коллекторе. Они состоят из корпуса, на котором закреплены две эластичные манжеты из листа резины, свернутого в виде конуса с продольными разрезами. При проталкивании насадки по полости коллектора эластичные манжеты изгибаются и не препятствуют ее прохождению над отложениями, однако частично их рыхлят (рисунок 4).

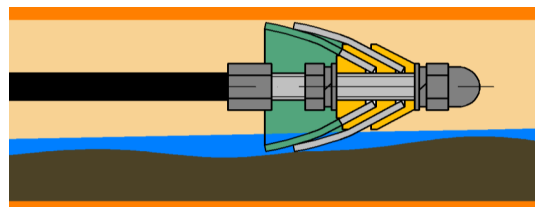


Рисунок 4. – Прохождение насадки мягкой по коллектору

При извлечении насадки манжеты отгибаются и, работая как скребок, захватывают отложения, а также отдельно расположенные корни растений и выносят их из коллектора в сочетании с образующимся перед насадкой потоком воды с турбулентным режимом движения (рисунок 5).

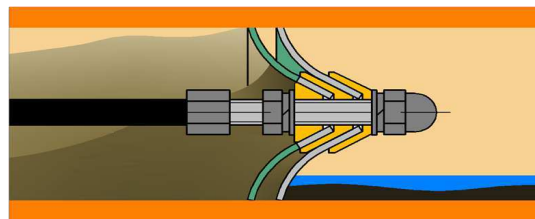


Рисунок 5. – Извлечение насадки мягкой из коллектора

Мероприятия по оценке состояния и очистки коллекторов от заиления с применением устройства ОД-100 выполняли двое рабочих. При этом один рабочий вручную проталкивает стеклопластиковый стержень с насадкой в полость коллектора и извлекает его, а второй, стоя у устройства ОД-100, обеспечивает равномерное разматывание и сматывание стержня.

Очистку осуществляли последовательными проходами (участками). Длина участков зависела от степени заиления трубопровода, которую определяли с помощью контрольных головок или ориентировочно устанавливали по трудности продвижения насадки. При незначительном заилении длина очищаемых участков коллектора составила 60-100 м, а в случаях продвижения насадки с большим усилием, а также наличии корней растений в полости коллектора – 30-50 м. Эффективность очистки зависела от расхода дренажного стока и состава находящихся в коллекторе наносов. Лучше всего извлекались отложения окисных соединений железа (рисунки 6). Применение насадки мягкой обеспечило также извлечение отдельно расположенных корней растений (рисунок 7).



Рисунок 6. – Очистка коллектора от окисных соединений железа (охры) с применением насадки мягкой



Рисунок 7. – Извлеченные корни растений из коллектора насадкой НМ-80

Исследования показали эффективность комплексного применения насадок пластинчатых и мягких. При незначительном дренажном стоке, когда наносы находятся в достаточно плотном состоянии, целесообразно предварительно их разрыхлять с применением насадки пластинчатой, а затем извлекать из коллектора насадкой мягкой.

Скорость извлечения насадки принималась примерно соответствующей критической скорости движения пульпы и составляла 30-50 м/мин., т.е. 100 м стеклопластикового стержня наматывалась на барабан за 2,0–3,0 минуты. Критическая скорость – это скорость, при которой не происходит выпадение взвешенных в потоке твердых частиц. Она зависит от вида грунта и его гранулометрического состава и в дренажных трубопроводах диаметром 75-100 мм при размере частиц грунта более 0,1 мм обычно составляет 0,5-0,8 м/с.

Материалы выполненных исследований приведены в таблицах 2-4.

Таблица 2. – Оценка внутреннего состояния и очистка коллекторов от заиления механическим способом с применением устройства ОД-100 на объекте. Реконструкция м.с. «Свислочь»

№ п/п	№ коллектора	Длина промывки согласно проекта, м	Диаметр коллектора, мм	Сток, л/с		Вид контрольных головок и насадок	Время обследования и очистки, мин	Длина участка обследования и очистки, м	Выявленные неисправности	Внутреннее состояние коллектора	
				до очистки	после очистки					Удовлетворительное, м	Неудовлетворительное, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	37	94	75	-	-	ГК- 60 ГК -40	2 6	5 100	смещение трубки, заиление	5	89

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	46	80 100	100 75	-	-	ГК -80 ГК -60 ГК -40	4 5 6	77 92 145	изменение диаметра, закупорка, заилиение	92	88
3	47	30 120	100 75	-	-	ГК -80 ГК -60 ГК -40	5 8 6	27 114 145	изменение диаметра, закупорка, заилиение	114	36
4	48	60 60	100 75	0,06	0,09	НП -80 НП -60	4 5	58 120	изменен. диаметр	120	-
5	50	100	75	-	0,07	ГК -60 ГК -40 ГК -40	53 42 5	12 74 97	отсутствуют 4 трубки, разрушены 2 трубки	-	100
6	53	110	75	0,15	0,55	ГК -60 НМ- 60	6 8	57 115	закупорка	110	-
7	52	102	75	0,19	0,35	НП- 60 НМ-60	15 6	50 110	заилиение	102	-
8	54	108	75	0,28	0,38	НП- 60 НМ-60	4 6	50 115	заилиение	108	-
9	55	86	75	0,02	0,03	НП- 60 НМ-60	3 5	40 90	заилиение	86	-
10	57	64	75	0,07	0,08	НП -60 ГК -40	6 5	42 75	закупорка	40	24
11	59	20 82 68	125 100 75	-	0,05	ГК -80 ГК -40	4 7	39 140	закупорка, заилиение	39	131
12	59	20 82 68	125 100 75	0,07	0,23	НП -80 НМ- 80 НМ- 80 НМ- 80 НМ- 60	4 6 6 7 6	36 45 57 100 145	заилиение, корни растений	170	-
Итого		1284					251			947	337

Таблица 3. – Очистка коллекторов от заилиения механическим способом с применением устройства ОД-100 на объекте. Реконструкция м.с. «Пущенка»

№ п/п	№ коллектора	Длина промывки согласно проекта, м	Диаметр коллектора, мм	Сток, л/с		Вид контрольных головок и насадок	Время обследования и очистки, мин	Длина участка обследования и очистки, м	Выявленные неисправности	Состояние коллектора	
				до очистки	после очистки					Удовлетворительное, м	Неудовлетворительное, м
1	25	170	100	1,0	1,0	НМ- 80 НМ- 80	5 6	70 145	охла	170	-
2	26	135	100	0,12	0,19	НП- 60 НМ- 80 НМ- 80	6 30 7	55 72 135	заилиение, закупорка, корни	135	-
3	27	160	125	0,17	0,23	НП- 80 НМ- 80 НМ- 80	5 7 6	80 100 145	заилиение	160	-
Итого		465					72			465	

Таблица 4. – Очистка коллекторов от заилиenia механическим способом с применением устройства ОД-100 на объекте. Реконструкция м.с. «Волма» в КСУП «Минская овощная фабрика»

№ п/п	№ коллектора	Проектная длина промывки, м	Диаметр коллектора, мм	Сток, л/с		Вид контрольных головок и насадок	Время обследования и очистки, мин	Длина участка обследования и очистки, м	Выявленные неисправности	Состояние коллектора	
				до очистки	после очистки					Удовлетворительное, м	Неудовлетворительное, м
1	23	80 60	100 75	0,03	0,15	НП-60 ГК-40 ГК-40 НМ-60	10 11 6 9	37 52 140 140	Смещение трубки, заилиение	140	–
2	21	120 100 36	125 100 75	0,37	0,42	НМ-80 НМ-60 (из шурфа)	15 14	145 110	заилиение	256	–
3	20	67 100 80	125 100 75	0,1	0,3	НМ-80 ГК-40 НМ-60 (из шурфа)	5 14 11	32 97 145	заилиение смещение трубки	257	–
4	13	70 80	100 75	0,11	1,2 0,57 0,15*	НП-60 НМ-60	9 7	75 145	заилиение	150	–
5	30	90	75	0,07	0,09	ГК-40 НМ-60	6 6	90 90	заилиение	90	–
6	31	105 50	100 75	0,02	0,15	ГК-40 НМ-60	6 7	105 145	охра	155	–
7	22	70 50	100 75	0,05	0,12	НП-60 НМ-60	7 8	120 120	заилиение	120	–
8	64	32 50	100 75	0,17	0,26	НП-60 НМ-60	5 6	80 80	охра	82	–
9	24	100	100	0,06	0,1	НК-40 НМ-60	5 8	75 100	охра	100	–
Итого		1340					175			1340	

Примечание: * – через пять суток после очистки

Анализ таблиц 2-4 показывает, что среднее техническое время оценки состояния и очистки 100 м коллекторной сети составляет 15,7 минут или 0,26 чел./ч., производительность очистки при этом – 6,6 м/мин.

В таблице 5 приведены обобщенные результаты исследований, полученных на основании таблиц 2-4.

На основании приведенных исследований можно сделать вывод, что при наличии дренажного стока весьма эффективным способом очистки коллекторов от заилиenia является механический, основанный на использовании устройства ОД-100, оснащенного специальными насадками очистными.

В случаях отсутствия дренажного стока целесообразно выполнять предварительную оценку внутреннего состояния коллекторов с применением устройства ОД-100, оснащенного головками контрольными. Данная оценка позволяет существенно снизить объем работ по последующей промывке сети. Иногда в процессе продвижения контрольной головки нарушаются закупорки. Если уровень грунтовых вод располагается выше заложения дренажных линий, то образуется дренажный сток, и уже следующая очистка сети выполняется с применением насадок очистных. Данное положение подтверждается примером очистки коллектора № 59 на объекте реконструкции

Таблица 5. – Результаты обследования внутреннего состояния и очистки коллекторов механическим способом на объектах. Реконструкция м.с. «Свислочь», м.с. «Пущенка» и м.с. «Волма»

Количество дренажных коллекторов, шт		Протяженность промывки согласно проекту, м		Выполненные мероприятия			
				Очищено механическим способом 2565 м		Обследовано без очистки 524 м	
всего	С наличием дренажного стока	всего	С наличием дренажного стока	Соотношение		Состояние коллекторов	
				от общей протяженности коллекторов, %	от протяженности коллекторов с наличием дренажного стока, %	Удовлетворительное, м	Неудовлетворительное, м
23	18	3089	2565	83	100	211	313

м.с. «Свислочь». При отсутствии дренажного стока обследование коллектора проводилось с применением головок контрольных, состояние его было признано неудовлетворительным, т.е. он подлежал промывке. Но при обследовании были разрушены закупорки в трубопроводе, что способствовало формированию дренажного стока. Через сутки после стабилизации стока осуществили очистку коллектора с последовательным применением насадок пластинчатых и мягких. Последующая оценка внутреннего состояния трубопровода с применением головок контрольных показала, что очистка выполнена качественно, и он находится в удовлетворительном состоянии.

На объекте «Пущенка» коллектор № 25 благодаря интенсивному дренажному стоку и незначительному заилению был очищен за два прохода насадки мягкой. Находящиеся в коллекторе № 27 отложения предварительно разрыхляли насадкой пластинчатой, а извлечение выполняли насадкой мягкой. В коллекторе № 26 была обнаружена закупорка на расстоянии 70 м от устья, место расположения которой было установлено с применением поискового устройства «TRASKA». При раскопке места повреждения были обнаружены корни растений, предположительно хвоща, которые располагались по всей площади дренажной траншеи (рисунок 8), а также корнями была полностью закупорена одна дренажная трубка (рисунок 9).

Оценка с применением головки контрольной показала, что заилиение последующего участка коллектора № 26 на отрезке 72–140 м не превышает 15 % его площади сечения, после чего он был очищен из шурфа за один проход насадкой НМ-80. Очистка выполнялась с использованием муфты промывочной



Рисунок 8. – Корни растений, находящиеся в открытой траншее над трассой коллектора



Рисунок 9. – Закупорка дренажной трубки корнями растений

МПГ-1, которая устанавливалась в шурфе на место снятой дренажной трубки [1].

На объекте м.с. «Волма» на всех обследованных коллекторах с общей протяженностью 1340 м наблюдался дренажный сток. Очистка их выполнена механическим способом с комплексным применением насадок. Для оценки внутреннего состояния, предварительно или в процессе работы, использовались также головки контрольные. Следует отметить,

что по трассе коллектора № 13 на расстоянии 37 м от устья был зафиксирован застой воды площадью примерно 0,6 га. Непосредственно, после очистки коллектора расход стока с 0,11 л/с увеличился до 1,2 л/с, через сутки он снизился до 0,57 л/с, а позже (пять суток после очистки) стабилизировался и составил 0,15 л/с, при этом вода на поверхности вымочки полностью исчезла.

В процессе исследований измерялся дренажный сток до очистки, в период очистки и после извлечения насадки из коллектора. Следует отметить, что в процессе и непосредственно после извлечения насадки мягкой расход стока (пульпа) увеличивался в 2-4 раза.

Для определения характеристик пульпы отбирались ее образцы. Объемную консистенцию пульпы определяли с помощью цилиндрической мерной емкости, в которую в лабораторных условиях помещали взятую из коллектора пробу пульпы. После осаждения грунта в цилиндре и полного осветления пульпы измеряли высоту слоя осадков и их объем. Отношение слоя осадка грунта или их объема к полной высоте пробы пульпы в цилиндре или ее объему дает значение объемной консистенции [2]

$$K_{об} = \frac{h^1 \cdot \omega}{h \cdot \omega} = \frac{h^1}{h}, \quad (1)$$

где ω – площадь сечения цилиндра; h – высота слоя пульпы; h^1 – высота слоя осадка грунта.

Плотность пульпы (γ_n) определяли по формуле, взвешивая взятую пробу пульпы

$$\gamma_n = \frac{T_n - T_o}{V_n} = \frac{G_n}{V_n}, \quad (2)$$

где T_n – масса сосуда с пульпой, кг; T_o – масса сосуда, кг; V_n – объем пульпы в сосуде, л; G_n – чистая масса пульпы, кг.

Плотность осадка γ_o определяли по формуле

$$\gamma_o = \frac{G_o}{V_o}, \quad (3)$$

где G_o – масса осадка после фильтрации, кг; V_o – объем осадка после фильтрации, л.

Исследования по определению плотности осадка проводили на фильтрационном приборе ГР-60. Полученные результаты по консистенции и плотности пульпы с наиболее типичными составами отложений, образующимися в дренажных трубопроводах, приведены в таблице 6.

На основании характеристики пульпы определяется время очистки и количество проходов насадки, необходимые для извлечения отложений из коллектора.

Для облегчения расчетов в таблице 7 приведены расчетные данные по определению степени заиливания коллектора и площади поперечного сечения отложений в зависимости от высоты слоя отложений.

Масса отложений (m_o), находящаяся в коллекторе, определялась по зависимости

$$m_o = \omega \times \ell \times \gamma_o,$$

где m_o – масса отложений (т), ω – площадь поперечного сечения отложений, м²; ℓ – протяженность отложений в коллекторе, м; γ_o – плотность отложений, т/м³.

Масса извлекаемых отложений m_u в единицу времени с применением насадки мягкой определялась по зависимости

$$m_u = u \times \omega \times \gamma_n \times K_{об},$$

Таблица 6. – Характеристики пульпы на объектах исследования

Мелиоративный объект	Состав отложений	Объемная консистенция пульпы, $K_{об}$		Средняя плотность пульпы, γ_n , т/м ³	Средняя плотность осадка, γ_o , т/м ³
		в долях единицы	в соотношении объема осадка и воды		
м.с. «Свислочь» коллектор № 59	минеральные	0,148	1 : 6,7	1,14	1,34
м.с. «Пушенка» коллектор № 26	минеральные	0,151	1 : 6,6	1,13	1,29
м.с. «Волма» коллектор № 31	окисные соединения железа	0,097	1 : 10	1,008	1,10
м.с. «Волма» коллектор № 64	окисные соединения железа	0,076	1 : 13	1,006	1,06

Таблица 7. – Степень заиления коллектора и площадь поперечного сечения отложений в зависимости от высоты слоя отложений

Диаметр коллектора, мм	Степень заиления коллектора, %							
	5	10	15	20	25	30	40	50
75	Толщина слоя отложений, мм							
	7	12	16	19	22	25	32	37
	Площадь поперечного сечения отложений, м ²							
	0,00022	0,00044	0,00066	0,00088	0,0011	0,00132	0,00176	0,0022
100	Толщина слоя отложений, мм							
	10	16	21	25	30	34	42	50
	Площадь поперечного сечения отложений, м ²							
	0,00039	0,00078	0,00118	0,00157	0,00196	0,00236	0,00314	0,00392
125	Толщина слоя отложений, мм							
	12	20	26	32	37	43	53	62
	Площадь поперечного сечения отложений, м ²							
	0,000615	0,00123	0,00184	0,00246	0,00308	0,00369	0,00492	0,00615

где m_u – масса извлекаемых отложений в единицу времени, т/мин; u – скорость извлечения насадки, м/мин; ω – площадь захвата насадки, м²; γ_n – плотность пульпы, т/м³; $K_{об}$ – объемная консистенция пульпы.

Время извлечения отложений (T , мин) составит:

$$T = \frac{m_o}{m_u}, \quad (4)$$

На основании времени извлечения отложений определяется количество проходов насадкой мягкой, необходимое для полной очистки коллектора от наносов. Поясним это на примере очистки трубопровода диаметром 100 мм при степени его заиления 30 % и с характеристиками пульпы, полученными на коллекторе № 59. Масса отложений на 100 м длины очищаемого трубопровода при площади поперечного сечения отложений 0,00236 м² (таблица 7) составит

$$m_o = 0,00236 \times 100 \times 1,34 = 0,316 \text{ т.}$$

Масса извлекаемых отложений в единицу времени при скорости извлечения насадки НМ-80 – 50 м/мин, площади ее захвата 0,0044 м² и объемной консистенции пульпы 0,148 составит

$$m_u = 50 \times 0,0044 \times 1,14 \times 0,148 = 0,037 \text{ т/мин.}$$

Определяем время извлечения наносов

$$T = 0,316 / 0,037 = 8,5 \text{ мин.}$$

Учитывая, что время извлечения стержня с насадкой при длине очистки 100 м составляло 2,0 мин, то для полной очистки коллектора необходимо выполнить 4 прохода.

Согласно исследованиям З.Я. Хруцкой толщина слоя окисных соединений железа (охры) в дренажных трубопроводах в основном составляет 10–30 мм [3], а плотность охры находится в пределах 1,05–1,2 т/м³ [4].

На примере характеристик пульпы коллектора № 31 показано, что участок трубопровода длиной 100 м, при диаметре 100 мм и толщине отложений охры 10 мм может быть очищен насадкой НМ-80 за 2,0 минуты, а при толщине охры 30 мм – за 10 минут. Для очистки данного участка, в зависимости от толщины слоя охры, необходимы один и пять проходов насадки соответственно.

Выводы

1. При наличии дренажного стока применение устройства ОД-100, оснащенного насадками пластинчатыми и мягкими, позволяет весьма эффективно и с минимальными затратами очищать коллекторную сеть от заиления. Оперативное время очистки 100 м коллекторной сети диаметром 100 мм и степенью заиления 25–35 % без применения механизмов составляет в среднем 0,83 чел.ч, в

то время как при профилактической промывке дренажной сети с применением установки УПД-120 (ЕНиР № 72, расц. У72-42-3) затраты труда рабочих составляют 2,76 чел.-ч., а также 2,76 маш.-ч. приходится на эксплуатацию механизмов.

2. При отсутствии дренажного стока целесообразно перед промывкой коллекторной сети выполнять предварительную оценку ее внутреннего

состояния с использованием устройства ОД-100, оснащенного контрольными головками, что позволяет существенно снизить объем работ по очистке сети от заиливания, а также в ряде случаев разрушить грунтовые пробки и при возникновении стока дальнейшую очистку выполнять механическим способом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Погодин, Н.Н. Технологический регламент очистки от наносов труднодоступных элементов линейных и гидротехнических сооружений на открытой и закрытой мелиоративной сети с использованием средств малой механизации / Н.Н. Погодин, В.А. Болбышко. – Минск : ИВЦ Минфина, 2016. – 40 с.
2. Меламут, Д.Л. Гидромеханизация в мелиоративном строительстве / Д.Л. Меламут. – М. : Стройиздат, 1981. – С. 18-89.
3. Хруцкая, З.Я. Заиливание дренажа железистыми соединениями / З.Я. Хруцкая. – М. : Колос, 1970. – С. 64-95.
4. Маслов, Б.С. Заиливание дренажей железистыми отложениями: природа и способы борьбы / Б.С. Маслов // Гидротехника и мелиорация. – 1972. – № 10. – С. 4-42.

Поступила 1.03.2018