

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 631.67.03:631.95

doi: 10.31774/2712-9357-2023-13-2-94-108

Совершенствование технического подхода к управлению процессом локальной очистки дренажного стока с орошаемых земель

Татьяна Ильинична Дрововозова¹, Андрей Андреевич Кириленко²

^{1,2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

²Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

¹tid70.drovovozova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8724-7799>

²andreykirilenko96@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2868-3774>

Аннотация. **Цель:** обоснование и разработка конструкции сооружения для локальной очистки дренажного стока, отводимого с орошаемого участка. **Материалы и методы.** Исследование проводилось на примере объекта-представителя – сборно-сбросного (дренажного) колодца коллекторно-дренажной сети, расположенной на орошаемом участке Нижне-Донской оросительной системы Ростовской области. Исходными материалами являлись результаты натурных исследований гидрохимических показателей дренажной воды в колодце и центральном коллекторе. **Результаты и обсуждение.** Поскольку качество дренажных вод в дренажном колодце значительно выше, чем в устьевой части центрального коллектора, то реконструкция колодца позволит осуществлять эффективную очистку малых расходов дренажного стока с минимальными финансовыми затратами. Предлагаемая конструкция основана на разбиении коллекторно-дренажной сети на районы с соответствующими им колодцами, на выходящих коллекторных трубах которых смонтированы устройства для очистки дренажного стока. Принцип устройства основан на использовании съемных картриджей с наполнением из различных фильтрующих материалов в зависимости от качества очищаемого дренажного стока. Например, для обессоливания воды рекомендуется применять загрузки из ионообменных смол (катионита, анионита). На примере показано, что очистка от основных солеобразующих ионов дренажного стока расходом 7 м³/месяц потребует 39,5 л катионита и 89,3 л анионита, это составит 31,7 тыс. руб. **Выводы.** Использование дренажных колодцев как сооружений локальной очистки позволит улучшить экологическую ситуацию в зоне орошаемого земледелия, распределить ответственность между сельхозтоваропроизводителями и собственниками мелиоративных систем за качество отводимого в естественные водные объекты дренажного стока. Предлагаемая конструкция обеспечит многовариантное функционирование устройства для очистки дренажного стока за счет комбинаций фильтрующих загрузок и наборов различных съемных картриджей.

Ключевые слова: оросительная система, дренажные воды, минерализация, очистка сточных вод, сорбционная очистка, иониты, устройство для очистки

Для цитирования: Дрововозова Т. И., Кириленко А. А. Совершенствование технического подхода к управлению процессом локальной очистки дренажного стока с орошаемых земель // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 2. С. 94–108. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-2-94-108>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

Improving the technical approach to managing the process of local treatment of drainage runoff from irrigated lands

Tatyana I. Drovovozova¹, Andrey A. Kirilenko²

^{1,2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

²Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State
Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

¹tid70.drovovozova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8724-7799>

²andreykirilenko96@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2868-3774>

Abstract. Purpose: substantiation and development of the facility design for local treatment of drainage runoff discharged from an irrigated area. **Materials and methods.** The study was carried out on the example of a representative object – a collection-discharge (drainage) well of a collector-drainage network located on an irrigated site of the Nizhne-Donskaya irrigation system of the Rostov region. The source materials were the results of field studies of the hydrochemical parameters of drainage water in the well and the central collector. **Results and discussion.** Since the drainage water quality in the drainage well is much higher than in the mouth of the central collector, the reconstruction of the well will allow effective treatment of low drainage flow rates with minimal financial costs. The proposed design is based on dividing the collector-drainage network into areas with their respective wells, on the outgoing collector pipes on which devices for drainage runoff treatment are mounted. The principle of the device is based on the use of removable cartridges filled with various filter materials, depending on the quality of the treated drainage flow. For example, for water desalination, it is recommended to use loads from ion-exchange resins (cation exchanger, anion exchanger). The example shows that cleaning from the main salt-forming ions of drainage flow with a flow rate of 7 m³/month will require 39.5 liters of cation exchanger and 89.3 liters of anion exchanger, this will amount to 31.7 thousand rubles. **Conclusions.** The use of drainage wells as local treatment facilities will improve the ecological situation in the zone of irrigated agriculture, distribute responsibility between agricultural producers and owners of reclamation systems for the quality of drainage flow discharged into natural water bodies. The proposed design will provide a multi-variant operation of the device for drainage runoff treatment due to combinations of filter media and sets of various removable cartridges.

Keywords: irrigation system, drainage water, mineralization, wastewater treatment, sorption treatment, ion exchangers, cleaning device

For citation: Drovovozova T. I., Kirilenko A. A. Improving the technical approach to managing the process of local treatment of drainage runoff from irrigated lands. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2023;13(2):94–108. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-2-94-108>.

Введение. До начала 90-х гг. прошлого века в России коллекторно-дренажные сети в силу хозяйственно-экономических отношений, установленных в период строительства и эксплуатации гидромелиоративных систем, не рассматривались как объекты негативного воздействия на окружающую среду (НВОС). Не ставились вопросы очистки дренажного стока и

его соответствия геохимическому фону естественных водных объектов – приемников коллекторно-дренажных вод [1–3]. В настоящее время в работе гидромелиоративных систем отмечается нерегулируемое поступление солеобразующих ионов, биогенов и пестицидов с дренажным стоком в водные объекты [2, 4–7].

В работах Л. В. Кирейчевой, И. И. Конторовича, А. С. Капустяна, В. Н. Щедрина и других ученых-мелиораторов [8–13] предложены различные технологии и технические решения по очистке коллекторно-дренажных вод, однако их внедрение затруднено из-за высокой финансовой стоимости проектов, обусловленной колоссальными объемами водного стока. Одним из вариантов решения данной проблемы может стать использование сооружений локальной очистки дренажного стока с орошаемых участков относительно небольшой площади.

Согласно п. 2 приказа¹ Минприроды РФ от 9 ноября 2020 г. № 903, юридические лица обязаны вести учет объема забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов, объема сброса сточных, в т. ч. дренажных, вод и их качества. В мелиоративной отрасли таковыми юридическими лицами являются исключительно региональные ФГБУ «Управление по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению» (мелиоводхоз). Однако источником образования дренажных вод с орошаемых земель прежде всего является деятельность сельхозтоваропроизводителей (СХТП). И если договор водопользования с СХТП заключается, то в области отведения дренажных вод договорные отношения отсутствуют как таковые. В результате возникает правовая коллизия в части порядка распределения ответственности между СХТП, использующими агрохимикаты и пестициды,

¹Об утверждении Порядка ведения собственниками водных объектов и водопользователями учета объема забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов и объема сброса сточных, в том числе дренажных, вод, их качества [Электронный ресурс]: приказ Минприроды России от 9 нояб. 2020 г. № 903. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

и собственниками мелиоративных систем, в которые осуществляют отвод дренажного стока с орошаемых земель СХТП.

Согласно п. 4 указанного приказа измерение объема забора водных ресурсов из водных объектов или объема сброса дренажных вод должно осуществляться на каждом водозаборе и выпуске средствами измерения расходов (уровней) воды, которые устанавливаются на водозаборных сооружениях и сооружениях для сброса дренажных вод.

Местами выпуска дренажного стока с орошаемых земель СХТП в коллекторно-дренажные сети мелиоводхозов являются водосборные сооружения – как правило, сборно-сбросные (дренажные) колодцы, в которых временно аккумулируется дренажный сток с подвешенных территорий (рисунок 1). Поэтому данный элемент системы дренажа может стать точкой контроля как расхода, так и качества дренажного стока от конкретного СХТП, что полностью согласуется с п. 16 указанного приказа и служит основой для заключения договора на отведение дренажных вод. При этом требования к показателям качества дренажных вод, отводимых с орошаемых земель, устанавливаются для СХТП на основе положений целого ряда нормативно-правовых документов^{2, 3, 4, 5}. Также при необходимости дренажные колодцы могут стать локальным очистным сооружением, но такой подход требует технического переоснащения конструкции дренажных колодцев.

²Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]: Федер. закон от 10 февр. 2001 г. № 7-ФЗ. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

³Водный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федер. закон от 12 апр. 2006 г. № 74-ФЗ. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

⁴Об утверждении требований к содержанию программы производственного экологического контроля, порядка и сроков представления отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля [Электронный ресурс]: приказ Минприроды России от 28 февр. 2018 г. № 74. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

⁵Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [Электронный ресурс]: приказ М-ва сел. хоз-ва Рос. Федерации от 13 дек. 2016 г. № 552. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.



**Рисунок 1 – Отводящая (переливная) труба дренажного колодца
(ООО «Золотовское», Семикаракорский район Ростовской области)
(фото Т. И. Дровозовой)**

**Figure 1 – Outlet (overflow) pipe of the drainage well
(LLC “Zolotovskoe”, Semikarakorsky district Rostov region)
(photo by T. I. Drovovozova)**

В связи с изложенным целью настоящей работы считаем обоснование и разработку конструкции сооружения для локальной очистки дренажного стока, отводимого с орошаемого участка.

Материалы и методы. Исследование проводилось на примере конструкции дренажного колодца коллекторно-дренажной сети Нижне-Донской оросительной системы. Исходными материалами в части очистки дренажных вод являлись натурные исследования гидрохимических показателей воды (таблица 1) в центральном коллекторе (выпуск № 4) и дренажном колодце, аккумулирующем дренажный сток с орошаемого участка ООО «Золотовское» (рисунок 1), являющемся одним из источников сброса дренажных вод в коллектор. Общие данные о центральном коллекторе представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Гидрохимические показатели дренажных вод из центрального коллектора (выпуск № 4) и дренажного колодца (ООО «Золотовское») Нижне-Донской оросительной системы

Table 1 – Hydrochemical indicators of drainage water from the central collector (outlet no. 4) and drainage well (Zolotovskoe LLC) of the Lower-Don irrigation system

Исследуемый показатель, единица измерения	Значение исследуемого показателя		ПДК _{рх} ⁶
	в центральном коллекторе (на выпуске)	в дренажном колодце	
рН, ед. рН	7,80 ± 0,1	8,15 ± 0,1	6,5–8,2
Сухой остаток, мг/дм ³	761 ± 68,5	469 ± 42,2	не нормируется
Хлориды, мг/дм ³	142 ± 5,7	90,3 ± 4,1	300
Сульфаты, мг/дм ³	221 ± 20,4	133 ± 13,8	100
Гидрокарбонаты, мг/дм ³	235 ± 14,9	192 ± 12,6	не нормируется
Кальций, мг/дм ³	63,5 ± 4,2	47,6 ± 3,2	180
Магний, мг/дм ³	31,3	26,4	40
Жесткость, °Ж	5,74 ± 0,47	4,55 ± 0,38	не нормируется
Нитриты, мг/дм ³	0,008 ± 0,003	0,002 ± 0,001	0,02
Нитраты, мг/дм ³	0,47 ± 0,08	0,19 ± 0,03	40
Фосфаты, мг/дм ³	0,28 ± 0,04	> 0,05	0,5
Железо общее, мг/дм ³	0,04 ± 0,01	0,09 ± 0,03	0,1

⁶Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [Электронный ресурс]: приказ М-ва сел. хоз-ва Рос. Федерации от 13 дек. 2016 г. № 552. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

**Таблица 2 – Общие данные о центральном коллекторе (выпуск № 4)
Нижне-Донской оросительной системы**

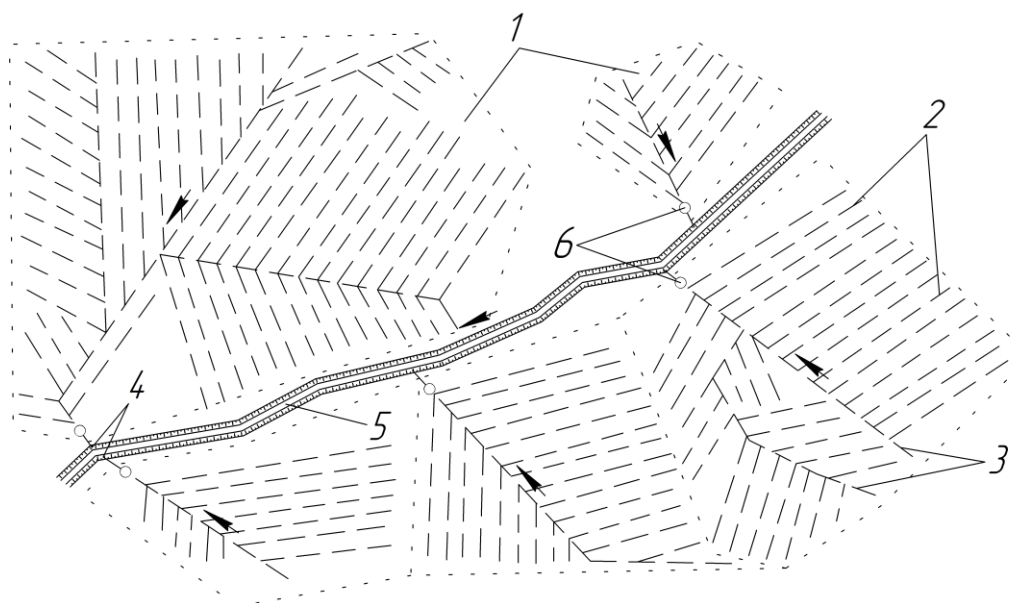
**Table 2 – General data on the central manifold (outlet no. 4)
of the Lower-Don irrigation system**

Показатель		Значение
Протяженность коллектора, км		18,43
Наименование собственников (СХТП) территорий, прилегающих к коллектору		ООО «Золотовское», ООО «Задонье», ООО «Прод-Агро», ООО «Виноградарь», КФХ «Юзефов Н. Н.», ИП Куликов, ООО «Витязь», КФХ Семикаракорского района
Общая площадь, занятая в сельхозпроизводстве в зоне действия коллектора, га		5434
Площадь, занятая в сельхозпроизводстве ООО «Золотовское», га		1727
Объем коллекторно-дренажного стока, тыс. м ³ /год	2018 г.	1606
	2019 г.	1543

Результаты и обсуждение. Данные натурных исследований показали, что качество дренажных вод в дренажном колодце намного выше, чем в устьевой части центрального коллектора. Есть основание полагать, что это обусловлено разностью условий в пределах территорий (водосбора), прилегающих к каналу и колодцу. На формирование химического состава воды в коллекторном канале в разной мере на всем его протяжении (18,43 км) влияют множество факторов, как природного (гидрологические, гидрогеологические, геологические, почвенные и другие условия), так и антропогенного (режим и техника орошения, структура посевных площадей, технология возделывания сельскохозяйственных культур, промывные режимы, конструкция и техническое состояние дренажной сети и др.) происхождения. На этой основе можем заключить, что реконструкция колодца позволит осуществлять эффективную локальную очистку малых расходов дренажного стока с минимальными финансовыми затратами, это в целом улучшит качество коллекторно-дренажных вод.

Решением заявленной проблемы должно стать строительство (при отсутствии) дренажных колодцев на трассе закрытых коллекторов перед

местами сопряжения с центральным коллектором. В процессе реализации технического подхода необходимо выполнить предварительное разбиение (трассировку) дрена и закрытых коллекторов относительно контролируемых орошаемых участков и центрального коллектора. На рисунке 2 представлен обособленный пример (вид в плане) такого разбиения, при котором контролируемые участки разделены на пять непересекающихся районов, дрена и закрытые коллекторы их отдельно сопряжены с коллектором.



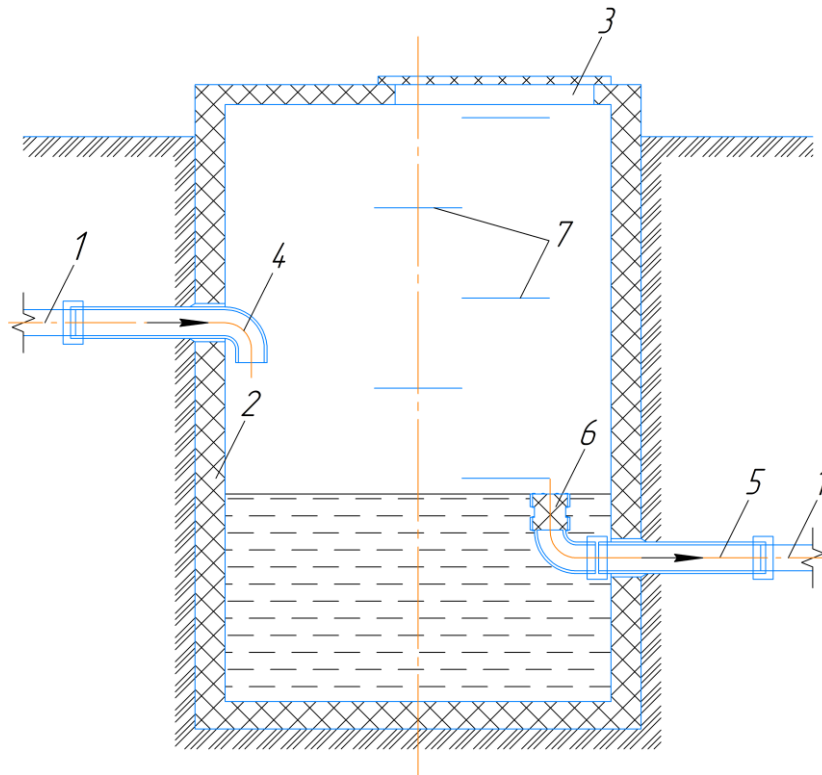
1 – контролируемые орошаемые участки; 2 – дрена; 3 – закрытые коллекторы;
4 – устья закрытых коллекторов; 5 – магистральный коллекторный канал;
6 – дренажные колодцы

1 – controlled irrigated areas; 2 – drains; 3 – closed collectors;
4 – mouths of closed collectors; 5 – main collector canal; 6 – drainage wells

Рисунок 2 – Пример разбиения коллекторно-дренажной сети мелиоративной системы относительно контролируемых орошаемых участков

Figure 2 – An example of splitting the collector-drainage network of reclamation system relative to controlled irrigated areas

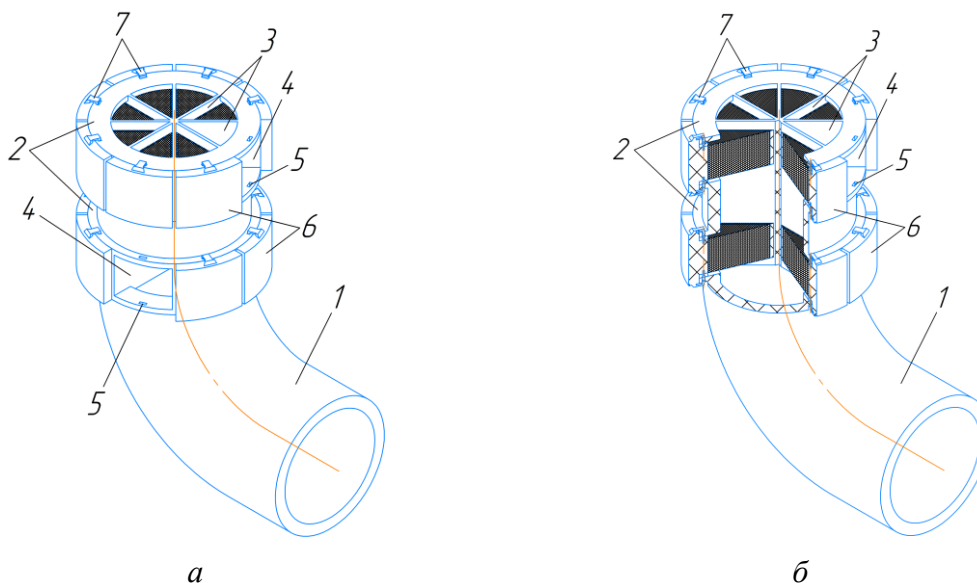
На рисунке 3 приведена конструктивная схема дренажного колодца в вертикальном разрезе. Входящая сопрягающая труба колодца выполнена с изгибом 90° перпендикулярно в сторону дна корпуса для направленного сбора мелких и крупных наносов, поступающих с дренажным стоком.



1 – закрытый коллектор; *2* – корпус; *3* – крышка-люк; *4* и *5* – входящая и выходящая сопрягающие трубы; *6* – устройство для очистки дренажного стока; *7* – ходовые скобы
1 – closed collector; *2* – body; *3* – hatch cover; *4* and *5* – inlet and outlet mating pipes;
6 – device for cleaning the drainage runoff; *7* – step irons

Рисунок 3 – Дренажный колодец
Figure 3 – Drainage well

Для управления процессом очистки дренажного стока от солеобразующих ионов, биогенов и пестицидов предлагаем осуществить монтаж устройства на выходящей сопрягающей трубе дренажного колодца (см. рисунок 3). На рисунке 4 изображена изометрическая проекция предлагаемого устройства, в т. ч. изометрия с местным вырывом. Устройство состоит из отводящего патрубка, двух последовательно расположенных цилиндров (с некоторым расстоянием между ними), разделенных общими водонепроницаемыми стенками на восемь ячеек с входными отверстиями для съемных картриджей с разным наполнением, в т. ч. с фильтрующим материалом. Съемный картридж состоит из гибких замковых соединений, расположенных зеркально сверху и снизу, которые вставляют в пазы цилиндров, каркаса с натянутой на него сеткой с размером отверстий 0,1 мм, фиксирующейся посредством прижимных планок, крепежных стержней и зубьев.



a – изометрия; *б* – изометрия с вырезом четверти цилиндров; *1* – подводящий патрубок; *2* – цилиндры; *3* – водонепроницаемые стенки; *4* – входные отверстия для съемных картриджей; *5* – пазы для гибких замковых соединений; *6* – съемные картриджи; *7* – гибкие замковые соединения

a – isometry; *b* – isometry with a quarter-cylinder cutout; *1* – inlet pipe; *2* – cylinders; *3* – impervious walls; *4* – inlets for removable cartridges; *5* – grooves for flexible interlocks; *6* – removable cartridges; *7* – flexible interlocks

Рисунок 4 – Устройство для очистки дренажного стока
Figure 4 – Drainage cleaning device

Основание цилиндров расположено параллельно поверхности воды в дренажном колодце для равномерного вертикального поступления дренажного стока на поверхность съемных картриджей.

Все детали устройства для очистки дренажного стока могут быть изготовлены из полиэтилена низкого давления по стандартным технологиям.

Диаметр цилиндров, размер съемных картриджей, а также их наполнение подбирают по результатам лабораторного контроля гидрохимических показателей фактического сброса и на основе данных учета расхода стока.

Для достижения требуемой эффективности очистки дренажного стока применяют съемные картриджи с сорбентом из ионообменных смол, причем сначала сток проходит через цилиндр со съемными картриджами, наполненными сильнокислотным катионитом, затем – низкоосновным анионитом. Для достижения оптимального объема стока применяют съем-

ные картриджи с противофильтрационным материалом из любых полимеров. Для достижения необходимой степени разбавления обрабатываемого стока применяют съемные картриджи без наполнителя.

Чтобы использовать съемные картриджи в устройстве для очистки дренажного стока, по ходовым скобам дренажного колодца спускаются до необходимого уровня, вставляют съемные картриджи в пазы цилиндров устройства и фиксируют посредством гибких замковых соединений.

В целях оценки эффективности ионообменной очистки дренажного стока был рассчитан материальный баланс Н- и ОН-ионирования на примере промышленно выпускаемых образцов катионита КУ-2-8⁷ и анионита АВ-17-8⁸. Для выразительности результатов за основу расчета взяли химический состав коллекторно-дренажных вод из коллектора МКЛ-7 Нижне-Донской оросительной системы. Результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Материальный баланс Н-катионирования и ОН-анионирования коллекторно-дренажных вод из коллектора МКЛ-7 Нижне-Донской оросительной системы

Table 3 – Material balance of H-cationization and OH-anionization of collector-drainage waters from the collector MKL-7 of the Lower-Don irrigation system

Исследуемый показатель	Исходная вода		Ионированная вода	
	мг/дм ³	ммоль/л	мг/дм ³	ммоль/л
Кальций	233,57	11,98	79,2	3,96
Магний	110,7	9,225	36,6	3,05
Натрий	327,86	14,255	0	0
Хлориды	258,57	7,28	0	0
Сульфаты	742,86	15,47	100,3	2,09
Гидрокарбонаты	333,58	10,76	0	0
Итого	2007,14	68,97	216,1	9,1

⁷ГОСТ 20298-2022. Смолы ионообменные. Катиониты. Технические условия [Электронный ресурс]. Введ. 2023-03-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

⁸ГОСТ 20301-2022. Смолы ионообменные. Аниониты. Технические условия [Электронный ресурс]. Введ. 2023-03-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

Предположим, что имеется дренажный сток приведенного ионного состава объемом $7 \text{ м}^3/\text{месяц}$, есть необходимость в очистке лишь половины всего объема стока. При данных условиях понадобится использовать: четыре съемных картриджа с катионитом, четыре – с анионитом, восемь – без наполнения (для пустых ячеек). В таком случае месячный объем ионита, необходимый для очистки, составит: КУ-2-8 – 39,53 л, АВ-17-8 – 89,26 л. С учетом цен на данные вещества (по состоянию на 2022 г. один мешок (25 л) катионита стоит $\approx 6,5$ тыс. руб., анионита ≈ 6 тыс. руб.) общая месячная стоимость составит 31,7 тыс. руб.

Выводы

1 Сравнительный анализ гидрохимического состава воды в дренажном колодце и центральном коллекторе Нижне-Донской оросительной системы указывает на техническую доступность и финансовую реализуемость локальной очистки дренажного стока в колодце. Концентрации солеобразующих ионов в колодце в 1,5–3 раза меньше, чем в воде коллектора, следовательно, уменьшаются затраты на фильтрующие загрузки, что немаловажно, поскольку удалить их можно только либо обратнoосмотическим методом, либо с помощью ионообменных смол.

2 Предлагаемая конструкция сооружения обеспечит многовариантное функционирование устройства для очистки дренажного стока за счет комбинаций фильтрующих загрузок и наборов различных съемных картриджей. В процессе эксплуатации съемные картриджи с сорбентом из ионитовых смол извлекаются на регенерацию и заменяются восстановленными (новыми). Устройство мобильно, не требует затрат на электроэнергию и может использоваться сезонно.

3 Использование дренажных колодцев как мест контроля расхода дренажных вод, их качества, а также как сооружений локальной очистки позволит распределить ответственность за качество отводимого дренажного стока в естественные водные объекты – приемники коллекторно-дренажных вод между СХТП и собственниками мелиоративных систем.

Список источников

1. Манжина С. А., Домашенко Ю. Е. Российские и зарубежные практики мониторинга диффузионных загрязнений, поступающих в водные объекты // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2020. № 3(6). С. 1–20. URL: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=74> (дата обращения: 13.01.2023). DOI: 10.31774/2658-7890-2020-3-1-20.
2. Дрововозова Т. И., Кириленко А. А. Проблема «солевого загрязнения» природных вод Ростовской области, приуроченных к орошаемому массиву // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2021. Т. 3, № 3. С. 55–71. URL: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=122> (дата обращения: 13.01.2023). DOI: 10.31774/2658-7890-2021-3-3-55-71.
3. Хепуриани Е. Д., Васильев С. М. Научные концепции создания природоподобных технических систем в мелиоративной отрасли // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2(66). С. 526–536. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-63.
4. Химический состав коллекторно-дренажного стока в открытых каналах Семикаракорского района / Т. И. Дрововозова, Т. Ю. Кокина, С. А. Марьяш, Е. С. Кулакова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 4(36). С. 88–99. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1019> (дата обращения: 11.01.2023). DOI: 10/31774/2222-1816-2019-4-88-99.
5. Singh A. Poor-drainage-induced salinization of agricultural lands: Management through structural measures // Land Use Policy. 2019. № 82. P. 457–463. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.12.032>.
6. Managing controlled drainage in irrigated farmers' fields: A case study in the Moghan plain, Iran / H. J. Jouni, A. Liaghat, A. Hassanoghli, R. Henk // Agricultural Water Management. 2018. № 208. P. 393–405. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.037>.
7. Effects of controlled drainage on crop yield, drainage water quantity and quality: A meta-analysis / Z. Wang, G. Shao, J. Lu, K. Zhang, Y. Gao, J. Ding // Agricultural Water Management. 2020. № 239. 106253. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106253>.
8. Кирейчева Л. В. Основные направления снижения антропогенной нагрузки на водные объекты за счет уменьшения сброса дренажных вод с мелиорируемых территорий // Природообустройство. 2015. № 5. С. 64–69.
9. Конторович И. И. Технические решения для утилизации дренажных вод // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2011. № 3(23). С. 223–229.
10. Пат. 2358916 Российская Федерация, МПК⁸ С 02 F 9/14, С 02 F 3/32. Сооружение для очистки и регулирования качества дренажных вод / Конторович И. И.; заявитель и патентообладатель Конторович И. И. № 2007143033/15; заявл. 28.11.07; опубл. 20.06.09, Бюл. № 17. 34 с.
11. Капустян А. С., Пальцев В. П., Щедрина А. В. Очистка и утилизация дренажно-сбросных вод оросительных систем / ГУ «ЮжНИИГиМ». М., 2000. 242 с.
12. Пат. 2401804 Российская Федерация, МПК⁸ С 02 F 1/28, В 01 D 25/02, В 01 D 39/06, Е 02 В 11/00, С 02 F 103/10. Способ очистки дренажного стока и устройство для его осуществления / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Пацера А. А., Митяева Л. А., Кропина Е. А.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. № 2009116667/05; заявл. 30.04.09; опубл. 20.10.10, Бюл. № 29. 9 с.
13. Пат. 2728365 Российская Федерация, МПК⁸ Е 02 В 11/00. Система сооружений для очистки дренажного стока / Губин В. К., Стрельбицкая Е. Б., Соломина А. П., Кудрявцева Л. В., Головинов Е. Э.; заявитель и патентообладатель Всерос. науч.-исслед. ин-т гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова. № 2019144000; заявл. 26.12.19; опубл. 29.07.20, Бюл. № 22. 7 с.

References

1. Manzhina S.A., Domashenko Yu.E., 2020. [Russian and foreign practices of monitoring diffusion pollution entering water bodies]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo*, no. 3(6), pp. 1-20, available: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=74> [accessed 13.01.2023], DOI: 10.31774/2658-7890-2020-3-1-20. (In Russian).
2. Drovovozova T.I., Kirilenko A.A., 2021. [The problem of “saline pollution” of natural waters of Rostov region, confined to the irrigated area]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo*, vol. 3, no. 3, pp. 55-71, available: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=122> [accessed 13.01.2023], DOI: 10.31774/2658-7890-2021-3-3-55-71. (In Russian).
3. Khetsuriani E.D., Vasiliev S.M., 2022. *Nauchnye kontseptsii sozdaniya prirodopodobnykh tekhnicheskikh sistem v meliorativnoy otrasli* [Scientific concepts of creating nature-like technical systems in reclamation industry]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proc. of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education], no. 2(66), pp. 526-536, DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-63. (In Russian).
4. Drovovozova T.I., Kokina T.Yu., Maryash S.A., Kulakova E.S., 2019. [Chemical composition of a collector-drainage runoff in open canals in Semikarakorsk district]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 4(36), pp. 88-99, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1019> [accessed 11.01.2023], DOI: 10/31774/2222-1816-2019-4-88-99. (In Russian).
5. Singh A., 2019. Poor-drainage-induced salinization of agricultural lands: Management through structural measures. *Land Use Policy*, no. 82, pp. 457-463, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.12.032>.
6. Jouni H.J., Liaghat A., Hassanoghli A., Henk R., 2018. Managing controlled drainage in irrigated farmers' fields: A case study in the Moghan plain, Iran. *Agricultural Water Management*, no. 208, pp. 393-405, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.037>.
7. Wang Z., Shao G., Lu J., Zhang K., Gao Y., Ding J., 2020. Effects of controlled drainage on crop yield, drainage water quantity and quality: A metanalysis. *Agricultural Water Management*, no. 239, 106253, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106253>.
8. Kireycheva L.V., 2015. *Osnovnye napravleniya snizheniya antropogennoy nagruzki na vodnye ob'ekty za schet umen'sheniya sbrosa drenazhnykh vod s melioriruyemykh territoriy* [The main directions of reducing the anthropogenic load on water bodies by reducing the discharge of drainage water from reclaimed territories]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 5, pp. 64-69. (In Russian).
9. Kontorovich I.I., 2011. *Tekhnicheskie resheniya dlya utilizatsii drenazhnykh vod* [Technical solutions for the disposal of drainage waters]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proc. of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education], no. 3(23), pp. 223-229. (In Russian).
10. Kontorovich I.I., 2007. *Sooruzhenie dlya ochistki i regulirovaniya kachestva drenazhnykh vod* [Construction for Purifying and Control over Quality of Drainage Water]. Patent RF, no. 2358916. (In Russian).
11. Kapustyan A.S., Paltsev V.P., Shchedrina A.V., 2000. *Ochistka i utilizatsiya drenazhno-sbrosnykh vod orositel'nykh sistem* [Purification and Utilization of Drainage Waste Waters of Irrigation Systems]. GU “YuzhNIIGiM”, Moscow, 242 p. (In Russian).
12. Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., Patsera A.A., Mityaeva L.A., Kropina E.A., 2010. *Sposob ochistki drenazhnogo stoka i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya* [The Method of Drainage Runoff Treatment and the Device for Its Implementation]. Patent RF, no. 2401804. (In Russian).

13. Gubin V.K., Strelbitskaya E.B., Solomina A.P., Kudryavtseva L.V., Golovinov E.E., 2020. *Sistema sooruzheniy dlya ochistki drenazhnogo stoka* [The System of Facilities for Drainage Runoff Treatment]. Patent RF, no. 2728365. (In Russian).

Информация об авторах

Т. И. Дрововозова – ведущий научный сотрудник, доктор технических наук, доцент;
А. А. Кириленко – младший научный сотрудник, аспирант.

Information about the authors

T. I. Drovovozova – Leading Researcher, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor;
A. A. Kirilenko – Junior Researcher, Postgraduate Student.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата,
самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.*

*Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical
violations in scientific publications.*

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

*Статья поступила в редакцию 27.01.2023; одобрена после рецензирования 06.03.2023;
принята к публикации 17.03.2023.*

*The article was submitted 27.01.2023; approved after reviewing 06.03.2023; accepted for
publication 17.03.2023.*