

Техническое решение локальной очистки дренажного стока с орошаемых земель

Т.И. Дровозова, А.А. Кириленко

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск

Аннотация: Предложено техническое решение сооружения локальной очистки возвратного дренажного стока с орошаемого участка, основанное на использовании ионообменных фильтрующих материалов. Установлено, что концентрация химических веществ в воде дренажного колодца ниже на 1/3, чем в открытом коллекторе, куда отводится дренажный сток. Следовательно, локализация технологического узла очистки дренажного стока относительно дренажного колодца является обоснованным решением, т. к. позволяет снизить финансовые затраты на фильтрующие загрузки и частоту их замены. Описана технологическая схема очистного сооружения, основанная на блочном принципе: путем отключения или подключения отдельных блоков возможно гибко реагировать на изменяющиеся потребности в качестве и степени очистки дренажного стока.

Ключевые слова: техническое решение, водоочистка, ионный обмен, дренажный сток, блочный подход, дренажный колодец, качество воды, химический анализ, мелиорация земель, оросительная система.

Введение

В орошаемой зоне основные тенденции развития схем водоочистки связаны преимущественно с инженерно-техническим совершенствованием сорбционно-фильтрующих технологических узлов в виде специальных сооружений и устройств в составе мелиоративных систем [1 – 3]. Это, в свою очередь, способствует снижению загрязненности дренажного стока и обеспечивает возможность его внутрисистемного использования и экологически безопасного отведения в естественные водоприемники.

В целях увеличения эффективности водоочистки биоинженерные сооружения дополняют специальными фильтрами (такими как перегораживающие фильтрующие устройства или фильтрующие основания биоплато) из природных или дешевых искусственных сорбционных материалов [4 – 6]. Исследователи из ФГБНУ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова провели оценку степени очистки основных показателей загрязнения дренажных вод гумидной зоны России в зависимости от применяемой

технологии, где предпочтительными оказались аэрация, сорбция и биологические способы очистки [7, 8].

Поскольку дренажный сток децентрализован на относительно большой территории мелиоративных систем, имеет непостоянный объем и химический состав, оправданным решением видится устройство технологических узлов очистки в местах непосредственного формирования стока, вместо изначального его полного сосредоточения и последующей очистки. Выбор определенной конструкции сорбционно-фильтрующих технологических узлов продиктован, в первую очередь, видом и характеристиками сорбционного материала, который принимается с учетом его дефицитности, стоимости и возможности для регенерации. Чтобы более конкретно определиться с параметрами технического решения, следует получить данные о динамике формирования объема дренажного стока в пределах орошаемого участка.

В связи с изложенным, целью работы является разработка технического решения для локальной очистки дренажного стока с орошаемых земель.

Объекты и методы исследования

Объект исследования – конструкция дренажного колодца, качество дренажного стока с орошаемого участка ООО «Золотовское» на территории Нижне-Донской оросительной системы Ростовской области. Данные натурных исследований качества воды (таблица № 1) в открытом коллекторе «ЦС» и дренажном колодце ООО «Золотовское» в августе и сентябре, показали, что концентрация химических веществ в дренажных водах колодца существенно ниже, чем в месте их выпуска из коллектора в водный объект. Обусловлено это разностью площади водосбора и условиями территории, прилегающей к колодцу и коллектору.

Таблица № 1

Химические показатели дренажных вод в открытом коллекторе «ЦС»
и в дренажном колодце ООО «Золотовское»

Исследуемый показатель, ед. изм.	Значение исследуемого показателя				ПДК _{рх}
	в коллекторе		в дренажном колодце		
	авг.	сен.	авг.	сен.	
рН, ед. рН	8,05	8,10	7,80	8,15	6,5–8,2
Сухой остаток, мг/дм ³	845,0	547,0	761,0	469,0	не норм.
Хлориды, мг/дм ³	160,0	95,5	142,0	90,3	300
Сульфаты, мг/дм ³	230,0	106,0	221,0	133,0	100
Гидрокарбонаты, мг/дм ³	247,0	198,0	235,0	192,0	не норм.
Кальций, мг/дм ³	71,4	43,7	63,5	47,6	180
Магний, мг/дм ³	28,9	26,5	31,3	26,4	40
Натрий (расчет), мг/дм ³	68,2	31,3	68,2	20,3	120
Жесткость, °Ж	5,94	4,36	5,74	4,55	не норм.
Нитриты, мг/дм ³	0,024	0,026	0,008	0,002	0,02
Нитраты, мг/дм ³	0,63	0,38	0,47	0,19	40
Фосфаты, мг/дм ³	0,49	< 0,05	0,28	< 0,05	0,5
Железо общее, мг/дм ³	< 0,03	0,03	0,04	0,09	0,1

Полученные данные позволили определить оптимальную локализацию технологического узла на территории мелиоративной системы для очистки дренажного стока, поступающего с орошаемого участка известной площади.

Результаты и обсуждение

Предлагаемое техническое решение очистки дренажного стока основывается на сочетании методов механической и физико-химической очистки, основными стадиями технологического процесса являются:

- аккумулярование дренажного стока,
- осаждение грубых механических включений,
- адсорбция химических веществ.

Поскольку установлено, что в исследуемых дренажных водах основными показателями, превышающими установленные нормативы, являются солеобразующие ионы, очистка воды основана на принципе ионного обмена. В качестве ионообменных материалов предлагается

использовать промышленно выпускаемые отечественные ионообменные смолы: катионит КУ-2-8 и анионит АВ-17-8.

Способ фильтрования воды через иониты в данном конкретном случае следует считать одним из эффективных, поскольку высокая обменная емкость этих веществ позволяет создавать относительно компактные технические решения, возможность селективного удаления ионов способствует гибкому и направленному реагированию на изменение химического состава стока, а способность ионитов к регенерации обеспечивает возможность их многократного использования [9, 10]. Более того, использование ионитов не требует условий централизованного электроснабжения, что является существенным достоинством по сравнению с технологией обратного осмоса и др. При этом относительно высокая стоимость ионитов и их регенерация нивелируются современными особенностями экономических отношений, где отечественные производители на договорных условиях осуществляют обмен отработанных ионитов и процедуру их регенерации на пониженных тарифных ставках.

В лабораторных условиях были проведены испытания по очистке воды из открытого коллектора с использованием ионообменных смол КУ-2-8 и АВ-17-8. Для этого вода, отобранная из коллектора, в трехкратной повторности поочередно пропусклась через слои катионита и анионита, заложенные в модельной установке для очистки дренажного стока. Результаты очистки как средняя арифметическая из общего количества результатов испытания представлены в таблице № 2.

В прошлой работе [11] нами предложена конструкция устройства для очистки дренажного стока в составе дренажного колодца. Устройство представляет собой два цилиндра со съемными картриджами, заполненными ионитом, монтаж устройства осуществляют в месте поступления стока в выходящей сопрягающей трубе колодца. Очевидно, что в этом случае

важным техническим параметром являются габаритные размеры картриджей, поскольку они определяют объем загрузки ионита. Необходимо отметить, что реализация данного подхода может быть затруднена из-за больших объемов дренажного стока, требующего значительного количества фильтрующего материала и, как следствие, возникновения трудностей как в отношении заполнения съемных картриджей устройства ионитом, так и необходимостью частой замены ионитов в картриджах на регенерацию.

Таблица № 2

Результаты количественного химического анализа воды
из коллектора до и после очистки методом ионного обмена

Исследуемый показатель	Единица измерения	До очистки	После очистки
рН	ед. рН	7,70	7,50
Взвешенные вещества	мг/дм ³	15,3	1,2
Сухой остаток	мг/дм ³	2368,00	564,45
Хлориды	мг/дм ³	283,00	85,75
Сульфаты	мг/дм ³	965,0	292,0
Гидрокарбонаты	мг/дм ³	412,0	не обнаружены
Кальций	мг/дм ³	212,0	32,0
Магний	мг/дм ³	77,8	34,7
Натрий + калий (расчет)	мг/дм ³	428,0	120,0
Жесткость	⁰ Ж	17,08	4,49

В этом случае альтернативным решением может стать использование системы регулируемых закрытых дрен как картриджей для заполнения ионитом. Для этого необходимо организовать открытую площадку в земляном русле на выходе из дренажного колодца перед местом сопряжения с магистральным коллектором для возможности оперативного доступа к системе дрен в целях регулирования процесса очистки и технического обслуживания гидромеханического оборудования (Рис. 1).

Описанная схема основана на блочном принципе, что позволяет путем отключения или подключения отдельных блоков гибко реагировать на изменяющиеся потребности в качестве и степени очистки дренажного стока.

Для этого в технологической схеме очистки предусматривают анализаторы для контроля за расходом (узлы учета расхода воды) и качественным составом (места отбора проб воды на химический анализ) поступающих и прошедших очистку дренажных вод.

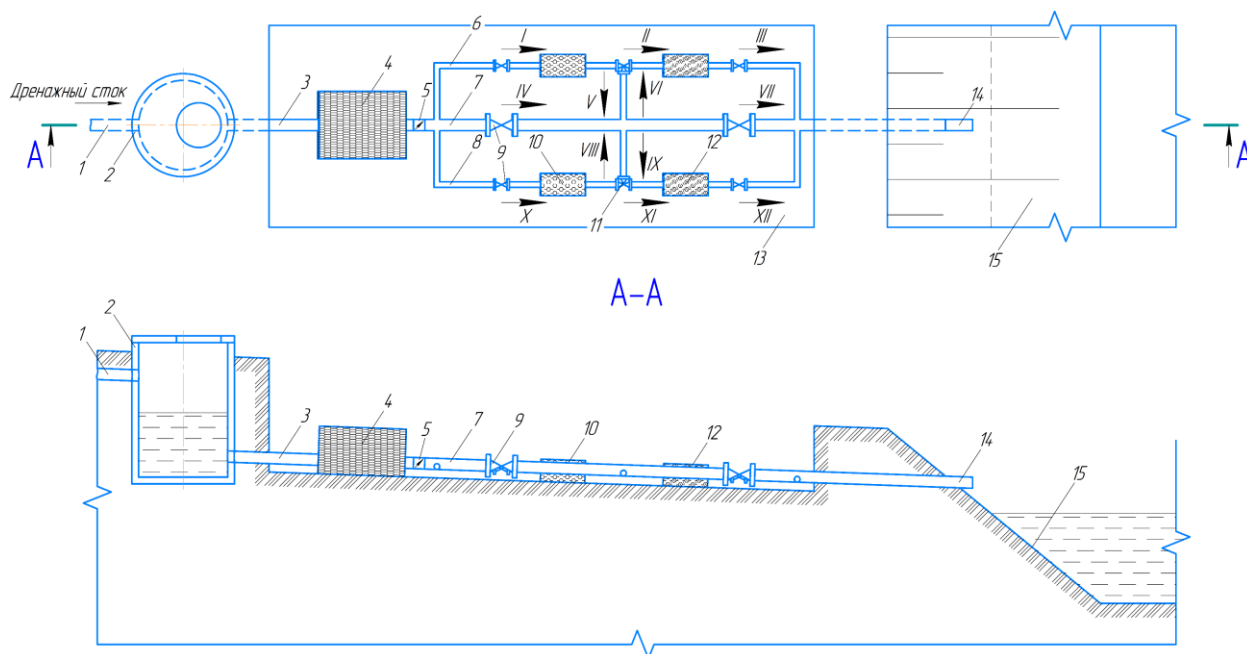
Принцип работы технологической схемы можно представить четырьмя вариантами движения дренажного стока по системе дрен.

Первый вариант. Если по результатам химического анализ проб воды, взятых из дренажного колодца, установлено, что вода не требует очистки по катионам и анионам, то дренажный сток, после прохождения блока механической очистки, направляют прямым по второй линии отводящей трубы до ее устья, при этом направление движения дренажного стока регулируют соответствующей запорной арматурой, как показано условными обозначениями *IV* и *VII* на рис. 1.

Второй вариант. Если установлено, что вода требует очистки по катионам и анионам – дренажный сток направляют прямым по первой и (или) третьей линиям отводящей трубы до ее устья, направление движения стока регулируют запорной арматурой, как показано условными обозначениями *I–III* и(или) *X–XII* на рис. 1. В таком случае используют сильнокислотный катионит и сильноосновный анионит.

Третий вариант. Если установлено, что вода требует очистки только по катионам – дренажный сток направляют по первой и(или) третьей линиям отводящей трубы, минуя картриджи, заполненные анионитом, по второй линии отводящей трубы. Направление движения стока в таком случае регулируют запорной арматурой, как показано условными обозначениями *I, V, VII* и *X, VIII, VII*, соответственно, на рис. 1. В таком случае используют сильнокислотный катионит.

Четвертый вариант. Если установлено, что вода требует очистки только по анионам – дренажный сток направляют по первой и(или) третьей линиям отводящей трубы, минуя картриджи, заполненные катионитом, по второй линии отводящей трубы. Направление движения стока в таком случае регулируют запорной арматурой, как показано условными обозначениями *IV*, *VI*, *II*, *III* и *IV*, *IX*, *XI*, *XII*, соответственно, на рис. 1. В таком случае используют сильноосновный анионит.



1 – подводящая труба; 2 – дренажный колодец; 3 – отводящая труба; 4 – блок механической очистки; 5 – узел учета расхода дренажного стока; 6, 7, 8 – первая, вторая и третья линии отводящей трубы; 9 – трубопроводная запорная арматура (проходная); 10 – картридж, заполненный катионитом; 11 – трубопроводная запорная арматура (трехходовая); 12 – картридж, заполненный анионитом; 13 – открытая (смотровая) площадка в земляном русле; 14 – устье отводящей трубы; 15 – откос магистрального коллектора; I–XII – направления регулирования движения дренажного стока запорной арматурой

Рис. 1. Технологическая схема очистного сооружения, вид в плане, разрез А–А

Две линии отводящей трубы с картриджами, заполненными ионитом, предусмотрены для обеспечения непрерывного процесса очистки дренажного стока. После отработки первой пары картриджей с ионитами дренажный сток

направляют на вторую пару, отработанные картриджи с ионитом извлекают на регенерацию.

Выводы

По результатам сравнительного анализа химического состава воды в открытом коллекторе и дренажном колодце на территории Нижне-Донской оросительной системы установлено, что оптимальным местом для расположения технологического узла очистки дренажного стока является дренажный колодец, обеспечивающий временное аккумулирование и отведение дренажных вод с орошаемого участка известной площади. Т. к. в дренажных колодцах концентрация веществ на 1/3 ниже, чем в коллекторах, куда отводится дренажный сток, открывается возможность для сокращения затрат на фильтрующие загрузки и частоту их замены.

Разработана технологическая схема очистного сооружения с использованием ионообменных смол для очистки возвратного дренажного стока на основе системы закрытых дрен. Описаны рабочие варианты для регулирования процесса очистки дренажного стока посредством направления движения дренажного стока по системе дрен.

Работа выполнена за счет бюджетных средств по тематическому плану-заданию по заказу Минсельхоза России АААА-А19-119042690070-7 «Разработка технологии и технических решений по очистке коллекторно-дренажного и поверхностного стока с орошаемых площадей для обеспечения экологически безопасной эксплуатации мелиоративных систем».

Литература

1. 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.
2. Домашенко Ю.Е., Проценко Н.Н. Ретроспективный обзор технологий очистки и подготовки дренажных вод с оросительных систем // Экология и водное хозяйство. 2022. Т.4, №3. С. 58–72.
3. Глазунова И.В., Ромащенко А.К., Тишина К.А. Биоинженерные сооружения и накопители местного стока водосборов для наиболее эффективного использования водных ресурсов речных бассейнов // Природообустройство. 2018. №2. С. 46–54.
4. Кирейчева Л.В., Андреева Н.П. Комплексные сорбенты для очистки сточных вод от органических соединений и ионов тяжелых металлов // Водоочистка, водоподготовка, водоснабжение. 2009. №1. С. 43–46.
5. Sahu P.A. Comprehensive review of saline effluent disposal and treatment: Conventional practices, emerging technologies, and future potential // Journal of Water Reuse and Desalination. 2020. №11 (1). P. 33–65.
6. Moosavirad S.M., Sarikhani R., Shahsavani E., Mohammadi S.Z. Removal of some heavy metals from inorganic industrial wastewaters by ion exchange method // J. Water Chem. Technol. 2015. №37. P. 191–199.
7. Стрельбицкая Е.Б., Соломина А.П. Регулирование качества дренажного стока для его повторного использования при увлажнении почв гумидной зоны России // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения: материалы междунар. науч.-практ. конф., Москва, 29–30 марта 2016 г. М.: ВНИИ Агрехимии им. Д.Н. Прянишникова, 2016. С. 399–404.
8. Стрельбицкая Е.Б., Соломина А.П. Основные принципы совершенствования узлов очистки стока в составе осушительно-

увлажнительных систем Нечерноземной зоны // Природообустройство. 2019. №5. С. 39–46.

9. Селиванов О.Г., Пикалов Е.С., Романова Л.Н. Оценка эффективности противоточных схем работы натрий-катионитовых фильтров в процессах умягчения воды // Инженерный вестник Дона. 2022. №7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2022/7787.

10. Бажанов А.Г., Прокопов Н.Г. Импульсная регенерация катионита в натрий-катиономом фильтре // Инженерный вестник Дона. 2021. №9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2021/7195.

11. Дровозова 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. URL: doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-2-94-108.

References

1. Kirejcheva L.V. Prirodoobustrojstvo. 2015. №5. pp. 64–69.
2. Domashenko YU. E., Procenko N.N. Ekologiya i vodnoe hozyajstvo. 2022. Т.4, №3. pp. 58–72.
3. Glazunova I.V., Romashchenko A.K., Tishina K.A. Prirodoobustrojstvo. 2018. №2. pp. 46–54.
4. Kirejcheva L.V., Andreeva N.P. Vodoochistka, vodopodgotovka, vodosnabzhenie. 2009. №1. pp. 43–46.
5. Sahu P.A Journal of Water Reuse and Desalination. 2020. №11(1). pp. 33–65.
6. Moosavirad S.M., Sarikhani R., Shahsavani E., Mohammadi S.Z. J. Water Chem. Technol. 2015. №37. pp. 191–199.



7. Strel'bickaya E.B., Solomina A.P. Melioraciya i vodnoe hozyajstvo: problemy i puti resheniya: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Moskva, 29–30 marta 2016 g. M.: VNI Agrohimii im. D. N. Pryanishnikova, 2016. pp. 399–404.
8. Strel'bickaya E.B., Solomina A.P. Prirodoobustrojstvo. 2019. №5. pp. 39–46.
9. Selivanov O.G., Pikalov E.S., Romanova L.N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, №7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2022/7787.
10. Bazhanov A.G., Prokopov N.G. Inzhenernyj vestnik Dona. 2021. №9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2021/7195.
11. Drovovozova T.I., Kirilenko A.A. Melioraciya i gidrotehnika. 2023. T.13, №2. pp. 94–108. URL: doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-2-94-108.