

**Е.Б. СТРЕЛЬБИЦКАЯ, А.П. СОЛОМИНА**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», г. Москва, Российская Федерация

## **СОРБЦИОННО-ФИЛЬТРУЮЩИЕ СООРУЖЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЯХ ОЧИСТКИ ДРЕНАЖНОГО СТОКА ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

*В статье обоснована необходимость применения определенных технологических схем очистки и конструкций очистных сооружений в зависимости от объема, динамики химического состава и степени загрязнения дренажного стока, приоритетных загрязняющих компонентов, а также требований и ограничений, предъявляемых к качеству очищаемой воды в целях обеспечения нормативных требований для ее внутрисистемного повторного использования в орошении, а также для снижения негативного воздействия на природные водоемы и реки при водоотведении. На основе анализа информационного материала и практических результатов исследований ведущих институтов отрасли, новейших разработок очистных сооружений представлены варианты использования определенных конструкций сорбционно-фильтрующих узлов в технологиях внутрисистемного улучшения качества дренажно-сбросных вод в составе локальных очистных сооружений на гидромелиоративных системах Нечерноземной зоны Российской Федерации и их основные технические характеристики. Приведены формулы расчета основных технологических параметров, а также композиции сорбционного материала, обеспечивающие эффект очистки от 85% до 90-98% и упрощение способа очистки за счет использования местного природного сырья. Предложено инженерно-конструктивное решение для повышения эффективности работы сорбционно-фильтрующих сооружений очистки в составе гидромелиоративных систем за счет обеспечения равномерного взаимодействия дренажной воды со всей массой сорбционно-фильтрующей загрузки путем выравнивания динамического напора потока дренажной воды на фильтрующий материал.*

*Дренажный сток, технологии очистки, сорбционно-фильтрующие сооружения, конструкции, сорбционный материал.*

**Введение.** Одной из экологических проблем при функционировании гидромелиоративных систем двустороннего регулирования влажности почв Нечерноземной зоны России является качество дренажно-сбросных вод (ДСВ). В большинстве случаев оно не соответствует действующим нормативным требованиям для основных видов водопользования как при сбросе стока с мелиорируемой территории в водоприемники, так и для внутрисистемного повторного использования при увлажнении сельскохозяйственных культур. Выполненная вероятностная оценка выноса биогенных веществ с осушаемых земель в водные объекты бассейна Верхней Волги показала, что их годовой вынос дренажным стоком достигает 8,08 тыс. т, что составляет 65% от общего загрязнения [1]. Сброс недостаточно очищенных дренажных вод – причина загрязнения водных объектов, являющихся их водоприемниками, накопления в донных

отложениях загрязняющих веществ и деградации водных экосистем.

Кроме того, при использовании дренажного стока для увлажнения сельскохозяйственных культур от его качества зависит формирование мелиоративного режима, плодородия почв, урожайности и качества сельскохозяйственной продукции. К качеству оросительной воды весьма чувствительны системы капельного орошения и дождевания, так как наличие в стоке взвешенных веществ (песок, частицы грунта с размерами частиц от 2-10 мкм) и биологических примесей (зоопланктон и фитопланктон) способствует формированию крупных агломератов, осаждающихся в трубопроводах и вызывающих закупорку водовыпусков капельного орошения и гидравлических насадок дождевальных машин [2].

Водный кодекс Российской Федерации запрещает сброс неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод в водные

объекты, следовательно, функционирование осушительно-увлажнительных систем, не оборудованных очистными сооружениями и устройствами, оказывается вне правового поля. Применение водоочистных сооружений и устройств, их конструктивное исполнение следует назначать с учетом типа, параметров и режима работы мелиоративной системы, технологии сельскохозяйственного производства на мелиорируемых землях [3], а также особенностей формирования стока и условий его отведения или использования, принятой схемы очистки в соответствии с качественной и количественной характеристиками дренажного стока, требуемой степени очистки.

**Методология исследований.** Методические подходы к обоснованию применения сорбционно-фильтрующих сооружений в технологиях очистки стока в составе гидромелиоративных систем Нечерноземной зоны Российской Федерации базировались на изучении, анализе, обобщении данных литературы, современных нормативно-методических материалов и положений, научно-технической и патентной информации. Основная часть задач решалась аналитическими методами с опорой на анализ опыта использования технологий очистки стока, опубликованных научных и практических результатов исследований ФГБНУ «ВНИИ-ГиМ им. А.Н. Костякова», РосНИИПМ и других научно-исследовательских институтов мелиоративной отрасли, новейших разработок сорбционно-фильтрующих узлов по фондовым материалам ВТПБ и открытым реестрам ФИПС.

Основным компонентом методической базы статьи явился принцип направленного регулирования качественного состава дренажного стока путем его очистки с помощью определенных конструкций сорбционно-фильтрующих сооружений с применением различных сорбционных материалов с целью доведения качества очищенной воды до нормативно допустимого уровня для безопасного водоотведения и внутрисистемного повторного использования при поливе.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Дренажный сток с мелиорируемых территорий Нечерноземной зоны является слабоминерализованным, однако он характеризуется повышенными концентрациями биогенных элементов и органических соединений. В стоке могут содержаться загрязнения в виде остатков

минеральных удобрений, хлопьевидных окристых соединений, фенолов, пестицидов и тяжелых металлов, на которые следует ориентироваться при выборе технологической схемы очистки стока. Технологии очистки должны базироваться на наиболее приемлемых для этих условий, достаточно простых и дешевых способах обработки стока, – таких, как отстаивание, фильтрация и сорбция, биологический и аэрация [4]. На локальных системах, имеющих накопители стока и технологические узлы по его очистке, применение экономичных и эффективных конструкций, использующих эти способы очистки, при сравнительно невысоких капитальных вложениях и эксплуатационных затратах обеспечат доведение качественного состава ДСВ мелиоративных систем до нормативно допустимого уровня и тем самым будет способствовать рациональному повторному внутрисистемному использованию стока для полива и его безопасному водоотведению.

Технологии очистки дренажного стока, содержащего загрязняющие компоненты природного и техногенного происхождения в различном фазово-дисперсном состоянии, для обеспечения требуемого эффекта очистки должны содержать многоступенчатые схемы, включающие в себя различные методы выделения и (или) деструкции загрязнений. В схемах очистки стока следует применять комбинированные сооружения, в которых осуществляется несколько технологических процессов, позволяющих обеспечить оптимизацию условий очистки, повысить надежность работы узла и технико-экономические показатели, сократить части сооружений и площадь для размещения узлов очистки.

В зависимости от объема и степени загрязнения стока, преобладающих загрязняющих компонентов и назначения использования очищенной воды (для полива или отвода в водные объекты) схема очистки может содержать все стадии очистки либо ограничиваться использованием одного-двух технологических процессов, обеспечивающих очистку стока до нормативно допустимого уровня. Принципиальная базовая блок-схема организации очистки дренажного стока на гидромелиоративных системах Нечерноземной зоны Российской Федерации, позволяющая осуществлять выбор технологической схемы очистки, представлена на рисунке 1.

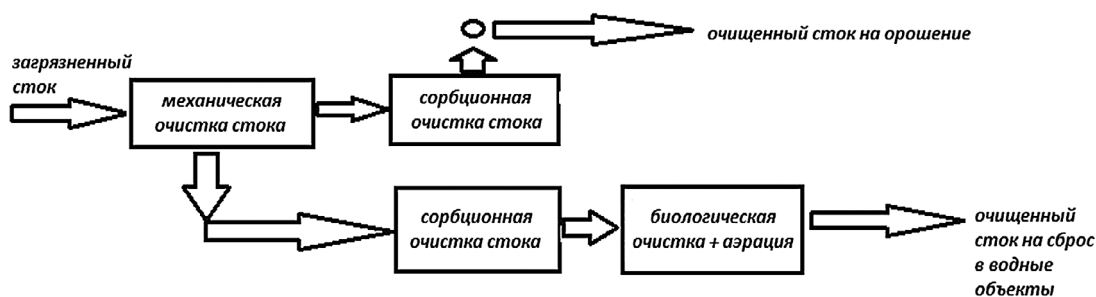


Рис. 1. Принципиальная базовая блок-схема организации очистки дренажного стока на гидромелиоративных системах Нечерноземной зоны Российской Федерации

Выбор и обоснование той или иной технологии обработки стока, состава сооружений, производительности очистных установок и их технических параметров следует производить в зависимости от характеристики и количества дренажного стока, концентраций и фазово-дисперсного состояния загрязняющих примесей, требуемой степени их очистки, метода обработки осадка и местных условий. Целесообразность применения конкретных технологических схем очистки определяется технико-экономическими расчетами и анализом условий их применения в зависимости от объема, динамики химического состава и степени загрязнения воды, приоритетных загрязняющих компонентов, а также требований и ограничений, предъявляемых к качеству воды.

Определение необходимых параметров технологического процесса (объема стока, технических параметров отдельных частей сооружений очистки, состава загрузки, скорости фильтрования и пр.) для обеспечения узлом очистки нормативных требований качественного состава стока следует проводить в соответствии с требованиями государственных мелиоративных стандартов и сводов правил на основе общепринятых методов и методических рекомендаций расчета технологических параметров, расчетных зависимостей характеристик стока, полученных на основе многолетних исследований специалистов ведущих институтов мелиоративной отрасли и апробированных на практике эксплуатации аналогичных сооружений водоподготовки и очистки стока.

Выбор определенной конструкции сорбционно-фильтрующих узлов обусловлен прежде всего видом и характеристиками сорбционного материала, который принимается с учетом его дефицитности, стоимости и возможности регенерации, исходя из расхода дренажного стока, степени его загрязненности.

В качестве загрузок сорбционных фильтров следует применять натуральные и искусственные материалы: активированный уголь, природный цеолит, рисовые отруби или шелуху, гречневую лузгу, торф, сапрпель и обуглероженную льняную костру, глауконитовый песок и шлаки, глину, аргиллит, гидроксиды алюминия и железа, волокнистый геотекстиль, полимерные ионообменные смолы и другие микропористые материалы. Большие запасы местных природных сорбирующих материалов, их хорошие физико-химические характеристики, дешевизна, возможность утилизации, а в некоторых случаях — и регенерации природных и полученных на их основе модифицированных и полусинтетических сорбентов — делают экономически целесообразным их применение в процессах очистки дренажно-сбросных вод [5].

В зависимости от вида загрязнителей можно подобрать наиболее эффективный сорбционный материал или смесь нескольких сорбентов. Проведенные исследования по очистке воды показали достаточную эффективность как природных сорбентов, так и композиций на их основе. В ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова» разработаны сорбенты на базе природного карбонатного сапрпеля, которые позволяют очищать дренажно-сбросные воды от органических веществ, пестицидов, солей тяжелых металлов (от 85 до 98%) и ряда других химических элементов [6]. Кроме того, в сорбционно-фильтрующих сооружениях для очистки дренажного стока предлагается использовать следующие композиции сорбционного материала, обеспечивающие упрощение способа за счет использования местного природного сырья:

— смесь тереклитовой глины, барита и доломитовой муки в соотношении 5:1:0,5, размещенная в корпусе из металлической сетки с отверстиями 0,2-0,3 см, длиной 8-10 м и высотой 0,8-1,0 м [7]. Сорбционные

свойства составляющих фильтрационного материала обеспечивают снижение в 4-5 раз концентрации тяжелых металлов;

– сорбент на основе рисовой шелухи, помещаемый в фильтрующие элементы (в составе фильтрующего колодца) на основе отходов угольного производства [8]. Эффект очистки по тяжелым металлам и солям жесткости составляет 90-95%;

– модифицированный глауконит (гранулометрический состав 0,1-0,5 мм) в качестве загрузки в фильтре 1-й ступени фильтрующего комплекса, а в фильтре 2-й ступени – композиция из компонентов, расположенных послойно: нижний слой представлен модифицированным глауконитом (не менее 40% от общего объема), в качестве дополнительных слоев используют шунгизит, антрацит, керамзит, активированный уголь. Отношение плотностей гранул каждого последующего слоя к предыдущему составляет не менее 1,3, а отношение высоты загрузки к высоте фильтров – 0,4-0,55:1,0 [9];

– композиция, включающая в себя три сорбционных слоя: С-ВЕРАД, цеолит, кварц в равном соотношении, помещенные в сетку фильтрующей кассеты. Эффект очистки по тяжелым металлам, органическим веществам и солям при расходе дренажных вод 10 л/с составляет 90-96% [10].

В составе гидромелиоративных систем Нечерноземной зоны Российской Федерации можно применять разработанные во ВНИИГиМ и других институтах отрасли локальные очистные сооружения с использованием сорбционного метода очистки. Варианты использования определенных конструкций сорбционно-фильтрующих сооружений в технологиях внутрисистемного улучшения качества дренажно-сбросных вод и их основные технические характеристики представлены ниже.

1. Съёмная фильтрующая кассета с сорбентом устанавливается на устьях закрытых дрен, собирателя или коллектора, в перемычках открытых дрен и коллекторов, в русле дренажно-сбросного канала. Ее применение рекомендуется на участках с модулем дренажного стока ( $q$ ) менее 0,05 л/с га, при объемах дренажных вод ( $W_{др}$ ) до 1 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Фильтрующие кассеты могут иметь различную форму и размеры в зависимости от того, в каком сооружении их предполагается применять. В зависимости от расхода пропускаемой воды, начальной концентрации загрязнений, изотермы адсорбции

и скорости фильтрования воды через загрузку (скорости движения воды через поперечное сечение кассеты-адсорбера) выбирают площадь поперечного сечения кассеты и рассчитывают минимально необходимое число параллельно работающих кассет.

Расчет пропускной способности  $Q$ , м<sup>3</sup>/сут., рекомендуется выполнять по формуле 1 [11]:

$$Q = \frac{B \cdot K \cdot J}{F}, \quad (1)$$

где  $B$  – площадь поперечного сечения пакета;  $K$  – коэффициент фильтрации гранулированного сорбента, м<sup>3</sup>/сут.;  $J = h/l$  – градиент напора, где  $h$  – потери напора, м;  $l$  – длина фильтрующего пакета, м;  $F$  – фильтрационное сопротивление гранулированного сорбента.

Время защитного действия насыпного сорбента определяется по формуле 2 [12]:

$$T_{з.д} = K_{з.д} \cdot H - t, \quad (2)$$

где  $K_{з.д}$  – коэффициент защитного действия (определяется экспериментально);  $H$  – высота слоя сорбента, м;  $t$  – потеря времени защитного действия, ч.

Коэффициент защитного действия предлагается рассчитывать по формуле 3:

$$K_{з.д} = A_{равн} : (V - C_n), \quad (3)$$

где  $A_{равн}$  – предельная насыщенность сорбента, равновесная с концентрацией, кг/кг (находят по экспериментальной изотерме сорбции);  $V$  – скорость фильтрации, м/ч;  $C_n$  – начальная концентрация вещества в ДСВ, кг/м.

В качестве сорбента рекомендуется использовать гранулированный сапропель, предварительно обработанный известью не более 30% по массе (СОРБЭКС), толщиной слоя гранул 20-30 см при скорости фильтрования стока не более 15-40 м/сут. [12], либо располагать сорбент в определенной последовательности по пути прохождения дренажного стока, % от объема: ракушечник – 50%, глауконитовый песок – 30%, керамзит – 20% (в трех съемных кассетах размером 40 × 40 мм с волокнистым фильтрующим материалом из нетканого полотна со средним размером пор 0,005 мм, толщиной 2÷4 мм в 3-5 слоев) [13].

2. При  $q > 0,1$  л/с га при открытой дренажной сети на гидромелиоративной системе рекомендуется проектировать фильтрующую траншею, в конструктивном плане выполненную в виде канала с противофильтрационным покрытием, разделенного на последовательно расположенные секции, гидравлически связанные между собой вертикально

установленными съемными фильтрующими пакетами с гранулированным природным или искусственным сорбентом. Количество пакетов определяют, исходя из расхода дренажного стока, степени его загрязненности, вида и характеристик сорбента, размеров дренируемой площади (для площади 250 га необходимо устраивать фильтрующую траншею с 2-3 последовательно расположенными фильтрующими пакетами) [5]. Траншею целесообразно совмещать с биоплато, особенно в случае, если она создается в сбросном канале или на выходе в водоприемник.

3. Для отведения дренажного стока и его очистки в концевых частях дренажной сети на площадях с  $q > 0,05$  л/с га рекомендуется устройство фильтрующего колодца или каскада фильтрующих колодцев с фильтрующими кассетами (пакетами) с сорбентом. Сооружение размещается при впадении дренажосборителя в закрытый коллектор более высокого порядка; на коллекторе в месте сброса стока в водоприемник или перед забором на полив.

При размещении в колодце съемного фильтрующего пакета из защитно-фильтрующего материала и сорбента СОРБЭКС площадь, обслуживаемая ЛОС, определяется исходя из ограничения на скорость фильтрации через фильтрующий пакет (не  $> 40$  м/сут.) по формуле 4 [5]:

$$F = V_{\text{дон}} \cdot B / q_{\text{max}}, \quad (4)$$

где  $V_{\text{дон}}$  – максимально допустимая скорость фильтрации;  $B$  – площадь сечения фильтрующего элемента;  $q_{\text{max}}$  – модуль дренажного стока.

При размере колодца  $1,5 \times 1,5$  м, толщине съемного фильтрующего пакета 1 м требуется 2 т сорбента, который при емкости поглощения 250 мг-экв/100г удерживает 100 кг загрязняющих веществ.

Ряд последовательно расположенных фильтрационных колодцев позволяет перехватывать дренажный сток, накапливать для полива дождевальными машинами путем регулирования потоков шиберными задвижками и очищать с установленными внутри каждого колодца фильтрующими кассетами, состоящими из отстойной зоны от 0,1-0,3 м и зоны фильтрации с размером ячеек сетки каркаса 0,04-20,0 мм с шагом 0,1 м и насыпной плотностью каталитического сорбента алюмосиликата 1350-1400 кг/м<sup>3</sup> [14].

4. Фильтрующая дамба предназначена для очистки дренажных вод с  $W_{\text{др}} > 10$  тыс. м<sup>3</sup>/сут.

в случае необходимости сброса большого количества дренажных вод в речную сеть. Сооружение размещается на открытых коллекторах и состоит из гранулированного сорбента на основе сапропеля (типа СОРБЭКС или других, в зависимости от состава загрязнителей, с диаметром гранул 0,8-1,0 см и  $K_{\phi}$  не  $< 130$  м/сут.), помещенного в оболочки из волокнистых материалов по типу габионов с целью очистки дренажных вод от пестицидов, тяжелых металлов и других загрязнений [12]. Фильтрующую дамбу рекомендуют устраивать с трапецидальным поперечным сечением высотой 2,5 м и шириной по верху 1,5 м.

5. Перегородки или стенки в накопительных прудах, выполненные с засыпкой гранулированным сорбентом или со съемными модулями из сорбентов по габионному типу [15, 16] в количестве, определяемом из условия поглощения загрязнений, содержащихся в дренажном и поверхностном стоке, и доведение их концентраций в фильтрате до ПДК.

Для повышения эффективности работы сорбционно-фильтрующих узлов очистки в составе гидромелиоративных систем Нечерноземной зоны Российской Федерации сотрудниками ВНИИГиМ разработана система сооружений для очистки дренажного стока перед его использованием для орошения или отведения в водоприемник, которая улучшает равномерность использования сорбционно-фильтрующей загрузки за счет выравнивания динамического напора потока дренажной воды на фильтрующий материал [17]. Система сооружений (рис. 2) включает в себя кассетоудерживающее устройство, закрепленное в русле сбросного канала, состоящее из вертикальной задней решетчатой стенки, набора кассет с фильтрующим материалом и передней наклоненной решетчатой стенки. Кассеты с фильтрующим материалом уложены рядами, ширину которых последовательно увеличивают от поверхности к дну канала. Передняя решетка установлена на оси с возможностью поворота в вертикальной плоскости, на ее наружной поверхности закреплен экран из гибкой полимерной сетки с размером ячеек 0,5-1,0 мм (задерживает и позволяет периодически удалять плавающий сор для предотвращения кольматажа им верхних рядов кассет). За сооружением (ниже по уклону канала) в нижнем бьефе устройства на расстоянии, не превышающем

его высоту, смонтирована подпорная стенка из шандоров, в нижней части которой установлен сбросной патрубок с запорным

вентилем со стороны нижнего бьефа и автоматизированным клапаном поддержания уровня воды со стороны верхнего бьефа.

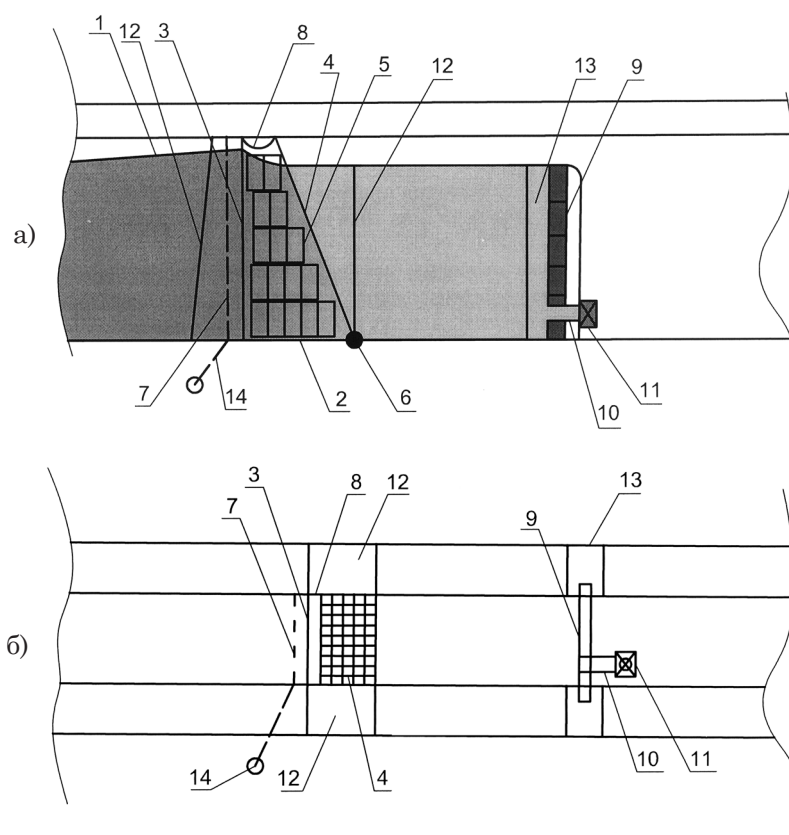


Рис. 2. Система сооружений для повышения эффективности очистки дренажного стока в разрезе (а) и в плане (б):

- 1 – дренажный канал; 2 – касетоудерживающее устройство;
- 3 – задняя вертикальная решетчатая стенка;
- 4 – передняя наклонная решетчатая стенка; 5 – кассеты с фильтрующим материалом;
- 6 – ось, позволяющая поворот решетчатой стенки в вертикальной плоскости;
- 7 – экран из гибкой полимерной сетки; 8 – лоток для сбора мусора с экрана;
- 9 – шандорная стенка; 10 – сбросной патрубок; 11 – запорный вентиль;
- 12 – автоматизированный клапан поддержания уровня воды; 13 – клапан;
- 14 – поплавковый привод

С помощью запорного вентиля на сбросном патрубке шандорной стенки и клапана регулируется установление заданного режима фильтрации дренажной воды через касетоудерживающее устройство. Увеличение ширины рядов кассет от верха к низу в сочетании с работой автоматизированного клапана обеспечивает равномерную работу всей массы фильтрующего материала, а экран из синтетической сетки позволяет периодически удалять плавающий сор и водоросли и препятствует кольямату им верхних кассет.

### Выводы

1. Целесообразность применения конкретных технологических схем очистки

определяется технико-экономическими расчетами и анализом конкретных условий их использования в зависимости от объема, динамики химического состава и степени загрязнения воды, приоритетных загрязняющих компонентов, а также требований и ограничений, предъявляемых к качеству воды. Обоснование применения определенных технологий регулирования качественного состава дренажного стока, выбор оптимальной схемы и конструкции очистных сооружений, расчет необходимых параметров технологического процесса, оптимальная компоновка и размещение технологических узлов очистки позволят обеспечить нормативные требования качества стока для

внутрисистемного повторного использования дренажных вод для орошения, а также снижения негативного воздействия на природные водоемы и реки при водоотведении.

2. Приведенные варианты использования определенных конструкций сорбционно-фильтрующих сооружений в технологиях внутрисистемного улучшения качества дренажно-сбросных вод с конкретными техническими характеристиками, а также композиции сорбционного материала, обеспечивающие эффект очистки от органических веществ, пестицидов, солей тяжелых металлов и ряда других химических элементов от 85% до 90-98% и упрощение способа за счет использования местного природного сырья, позволят сделать выбор оптимального решения очистного сооружения.

3. Предложенное инженерно-конструктивное решение системы сооружений для очистки дренажного стока в составе гидромелиоративных систем Нечерноземной зоны Российской Федерации будет способствовать повышению эффективности работы сорбционно-фильтрующих сооружений за счет обеспечения равномерного взаимодействия дренажной воды со всей массой загрузки путем выравнивания динамического напора потока дренажной воды на фильтрующий материал.

### Библиографический список

1. **Кирейчева Л.В., Лентяева Е.А.** Оценка количества и качества дренажных и поверхностных вод, поступающих в речную сеть бассейна реки Волги с осушительных систем Нечерноземной зоны РФ // Мелиорация земель – неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации: Мат-лы междунар. научно-практ. конф. 24-25 октября 2018 г. – М.: Изд-во ВНИИГиМ, 2019. – С. 205-212.
2. **Домашенко Ю.Е.** Повышение экологической безопасности оросительных мелиораций при использовании природных и сточных вод: дис. ... д-ра техн. наук. – Новочеркасск, 2018. – 365 с.
3. СП 100.13330.2016. Мелиоративные системы и сооружения. Свод правил. Актуализированная редакция СНиП 2.06.03-85: утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 16 декабря 2016 г. № 953/пр. – М.: Минстрой России, 2017. – 222 с.
4. **Стрельбицкая Е.Б., Соломина А.П.** Основные принципы совершенствования узлов очистки стока в составе ОУС Нечерноземной зоны РФ // Природообустройство. – 2019. – № 5. – С. 39-46.
5. **Купцова А.А.** Улучшение качества дренажных вод природными сорбентами: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1998. – 24 с.
6. **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.
7. Способ очистки воды для полива сельскохозяйственных культур: пат.2537014. МПК: C02F 1/62, C02F 1/28, A01G 25/02 / М.М. Шахмурзови др.; заявитель и патентообладатель – Кабардино-Балкарский ГАУ. – 2013127928; заявл. 18.06.2013 г.; опубл.27.12.2014. Бюл. № 36.
8. Способ подготовки дренажных и сбросных вод для орошения сельскохозяйственных культур: пат. 2551504. РФ МПК: C02F 9/02, C02F1/28, B01D36/00 / В.Н. Щедрин, С.М. Васильев, Ю.Е. Домашенко, Н.А. Антонова: патентообладатель – ФГБНУ РосНИИПМ. – 2013144559/05; заявл. 2013.10.2003 г.; опубл. 27.05.2015. Бюл. № 15.
9. Способ водоподготовки: пат. РФ № 2606779. МПК: C02F 9/02, C02F 1/42, B01D15/0 / А.Е. Новиков, В.В. Мелихов, М.И. Филимонов и др.; патентообладатель – ФГБНУ ВНИИОЗ. – 2015136412; заявл. 27.08.2015 г.; опубл.01.10.2017 г.
10. Способ подготовки сбросных и дренажных вод для сельскохозяйственного использования: пат. РФ 2654763. МПК: C02F 9/08, C02F 1/28, B01D36/00 / Д.Г. Васильев, Ю.Е. Домашенко, С.М. Васильев; патентообладатель – ФГБНУ «РосНИИПМ». – 2017101951; заявл. 20.01.2017 г.; опубл. 22.05.2018 г. Бюл. № 15.
11. **Кирейчева Л.В., Лентяева Е.А., Супрун В.А.** Методические рекомендации по обоснованию водоохраных мероприятий для снижения диффузного загрязнения / под общ. ред. Л.В. Кирейчевой. – М.: ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, 2019. – 40 с.
12. **Кирейчева Л.В., Глазунова И.В.** Технические решения очистки дренажно-сбросных вод // Вода MAGAZINE. – 2008. – № 4(8). – С. 44-47.
13. Способ очистки дренажного стока и устройство для его осуществления: пат. РФ 2401804. МПК: C02F 1/28, B01D25/02, B01D39/06 / В.Н. Щедрин, С.М. Васильев,

А.А. Пацера и др.; патентообладатель – ФГБНУ «РосНИИПМ». – 2009116667/05; заявл. 30.04.2009 г.; опубл. 20.10.2010 г. Бюл. № 38 от 20.10.2010.

14. Осушительно-увлажнительная мелиоративная система: пат. РФ 2686998 МПК: E02B11/00, A01G 25/00 / С.В. Найденев, Ю.Е. Домашенко, С.М. Васильев; патентообладатель – ФГБНУ «РосНИИПМ». – 2018128561; заявл. 02.08.2018 г.; опубл. 05.06.2019 г. Бюл. № 13.

15. Осушительно-увлажнительная система: пат. РФ 2663596. МПК: E02B 11/00 / А.А. Поддубский, А.В. Шуравилин, П.А. Докукин и др.; патентообладатель – РУДН. – 2016150140; заявл. 20.12.2016 г.; опубл. 07.08.2018 г. Бюл. № 22.

16. Кирейчева Л.В., Глазунова И.В. Методика расчета прудов-накопителей дренажного стока для локальных участков орошения // Природообустройство. – 2012. – № 5. – С. 30-34.

17. Система сооружений для очистки дренажного стока: пат. РФ 2728365. МПК C02F 1/28, B01D25/02, B01D39/06 / В.К. Губин, Е.Э. Головинов, А.П. Соломина, Е.Б. Стрельбицкая, Л.В. Кудрявцева; № 2019144000, заявл. 26.12.2019, опубл. 29.07.2020. Бюл. 22.

Материал поступил в редакцию 30.07.2020 г.

#### Сведения об авторах

**Стрельбицкая Елена Брониславовна**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова»; 125008, г. Москва, Б. Академическая, 44; e-mail: strelbitskaya.elena@mail.ru

**Соломина Антонина Павловна**, старший научный сотрудник ФГБНУ «ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова»; 125008, г. Москва, Б. Академическая, 44; e-mail: t-5olomin@yandex.ru

#### **E.B. STRELBITSKAYA, A.P. SOLOMINA**

Federal state budgetary scientific institution «All-Russian research Institute of hydraulic engineering and land reclamation named after A.N. Kostyakov», Moscow, Russian Federation

## **SORPTION-FILTERING STRUCTURES IN TECHNOLOGIES OF DRAINAGE FLOW TREATMENT OF HYDROMELIORATIVE SYSTEMS OF THE NON-CHERNOZEM ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION**

*The article substantiates the need to use certain technological schemes of treatment and structures of treatment plants depending on the volume, dynamics of the chemical composition and degree of the drainage flow pollution, priority polluting components as well as the requirements and restrictions on the quality of the treated water to meet the regulatory requirements for its intra-system reuse for irrigation, and to reduce the negative impact on natural reservoirs and rivers during water disposal. Based on the analysis of the information material and practical research results of leading industry institutes, latest developments of wastewater treatment plants, there are presented options for using certain designs of sorption-filtering units in technologies for improving the quality of drainage-waste water as a part of local treatment facilities of irrigation and drainage systems of the Non-chernozem zone of the Russian Federation and their main technical characteristics. Formulas are given for calculating basic technological parameters, as well as the composition of the sorption material providing a cleaning effect of 85 to 90-98% and a simplification of the cleaning method by using local natural raw material. There is proposed an engineering-design solution for increasing the efficiency of sorption-filtering treatment plants as part of irrigation and drainage systems by ensuring a uniform interaction of drainage water with the whole mass of sorption-filtering loading by equalizing the dynamic pressure of the drainage water flow on the filtering material.*

*Drainage flow, treatment technologies, sorption-filtering facilities, structures, sorption material.*

#### **References**

1. Kirejcheva L.V., Lentyaeva E.A. Otsenka kolichestva i kachestva drenaznyh i po-verhnostnyh vod, postupayushchih v rechnuyu

set bassejna reki Volgi s osushitelnyh sistem Nechernozemnoj zony RF / Melioratsiya zemel – neotjemlemaya chast vosstanovleniya i razvitiya APK Nechernozemnoj zony.



Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii 24-25 oktyabrya 2018 g. – M.: Izd. VNIIGiM, 2019. – S. 205-212.

2. **Domashenko Yu.E.** Povyshenie ekologicheskoy bezopasnosti orositelnykh melioratsiy pri ispolzovanii prirodnykh i stochnykh vod: Diss. na soiskanie uch. stepeni d.t.n. – Novocherkassk: 2018. – 365 s.

3. SP 100.13330.2016. Meliorativnye sistemy i sooruzheniya. Svod pravbil. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2.06.03-85. Utv. prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo hozyajstva RF ot 16 dekabrya 2016 g. № 953/pr. – M.: Ministroy Rossii, 2017. – 222 s.

4. **Strelbitskaya E.B., Solomina A.P.** Osnovnye printsipy sovershenstvovaniya uzlov ochistki stoka v sostave OUS Nechernozemnoj zony RF // Prirodoobustrojstvo. – 2019. – № 5. – 39-46.

5. **Kuptsova A.A.** Uluchshenie kachestva drenaznykh vod prirodnyimi sorbentami: Avtoref. dis. kand. tehn. nauk. – M.: 1998. – 24 s.

6. **Kirejcheva L.V.** Osnovnye napravleniya snizheniya antropogennoj nagruzki na vodnye objekty za schet umensheniya sbrosa drenaznykh vod s melioriruemyykh territorij // Prirodoobustrojstvo. – 2015. – № 5. – S. 64-69.

7. Sposob ochistki vody dlya poliva sel'skohozyajstvennykh kultur: pat.2537014.MIIF: C02F 1/62, C02F 1/28, A01G 25/02 / Shahmurzov M.M. i dr.; zayavitel i patentoobladatel Kabardino-Balkarsky GAU. – 2013127928; zayavl. 18.06.2013; i opubl. 27.12.2014. Byul. № 36.

8. Sposob podgotovki drenaznykh i sbrosnykh vod dlya orosheniya sel'skohozyajstvennykh kultur: pat.2551504. RF MIIF: C02F 9/02, C02F1/28, B01D36/00 / Shchedrin V.N., Vasiljev S.M., Domashenko Yu.E., Antonova N.A.: patentoobladatel FGBNU. – 2013144559/05, zayavl. 2013.10.03; opubl. 2015.05.27. Byul. № 15.

9. Sposob vodopodgotovki: pat. RF № 2606779, MPK: C02F 9/02, C02F 1/42, B01D15/0 / Novikov A.E., Melihov V.V., Filimonov M.I. i dr.; patentoobladatel FGBNU BNIIOZ. Sposob podgotovki sbrosnykh i drenaznykh vod dlya sel'skohozyajstvennogo ispolzovaniya: pat. PФ 2654763, MIIF: C02F 9/08, C02F 1/28, B01D36/00 / Vasiljev D.G., Domashenko Yu.E., S.M. Vasiljev; patentoobladatel FGBNU «RosNIIPM». – 2017101951, zayavl. 2017.01.20. opubl. 2018.05.22. Byul. № 15.

11. **Kirejcheva L.V., Lentyaeva E.A., Suprun V.A.** Metodicheskie rekomendatsii

po obosnovaniyu vodoohrannykh meropriyatij dlya snizheniya diffuznogo zagryazneniya / podobshch. red. L.V. Kirejchevoj. – M.: VNIIGiM im. A.N. Kostyakova. 2019. – 40 s.

12. **Kirejcheva L.V., Glazunova I.V.** Tehnicheskie resheniya ochistki drenazhno-sbrosnykh vod // Vodaa MAGAZINE. – 2008. – № 4(8). – S. 44-47.

13. Sposob ochistki drenazhnogo stoka i ustrojstva dlya ego osushchestvleniya: pat. RF 2401804.MIIF C02F 1/28, B01D25/02, B01D39/06 / Shchedrin V.N., Vasiljev S.M., Papera A.A. i dr.; patentoobladatel FGBNU «RosNIIPM». – 2009116667/05, zayavl. 2009.04.30; opubl. 2010.10.20. Byul.№ 38 ot 10/2010.

14. Osushitelno-uvlazhitelnaya meliorativnaya sistema: pat. RF 2686998. MPK E02B11/00, A01G 25/00 / Naidenov S.V., Domashenko Yu.E., Vasiljev S.M. patentoobladatel FGBNU «RosNIIPM». – 2018128561, zayavl. 2018.08.02; opubl. 2019.05.06. Byul. № 13.

15. Osushitelno-uvlazhitelnaya sistema: pat. RF 2663596. MPK: E02B11/00 / Poddubsky A.A., Shuravilin A.V., Dokukin P.A. i dr.: patentoobladatel RUDN. – 2016150140, zayavl. 2016.12.20, 2018.08.07. Byul. № 22.

16. **Kirejcheva L.V., Glazunova I.V.** Metodika rascheta prudov-nakopitelej drenazhnogo stoka dlya lokalnykh uchastkov orosheniya // Prirodoobustrojstvo. – 2012. – № 5. – S. 30-34.

17. Sistema sooruzhenij dlya ochistki drenazhnogo stoka: pat. RF 2728365. MPK: C02F 1/28, B01D25/02, B01D39/06 // Gubin V.K., Golovinov E.E., Solomina A.P., Strelbitskaya E.B., Kudryavtseva L.V. patentoobladatel «VNIIGiM named after A.N. Kostyakov»; zayavka na izobretenie № 2019144000 ot 26.12.2019; opubl. 29.07.2020, Byul. 22.

The material was received at the editorial office  
30.07.2020

#### Information about the authors

**Strelbitskaya Elena Bronislavovna**, candidate of biological sciences, leading researcher, Federal state budgetary scientific institution «VNIIGiM named after A.N. Kostyakov»; 125008, Moscow, B. Academicheskaya St., 44; e-mail: strelbitskaya.elena@mail.ru

**Solomina Antonina Pavlovna**, senior researcher, Federal state budgetary scientific institution «VNIIGiM named after A.N. Kostyakov»; 125008, Moscow, B. Academicheskaya St., 44; e-mail: t-5olomin@yandex.ru