

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника ФГБВОУ ВО
«Академия гражданской защиты МЧС
России» (проректор) по научной работе

В.Г. Полевой

«21» января 2025 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Александрова Романа Алексеевича, разработанной на тему: «Разработка мобильной мембранной установки очистки воды в условиях чрезвычайных ситуаций» и представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология

Водопотребление в мире и в нашей стране на бытовые, промышленные, сельскохозяйственные и другие нужды с каждым годом в целом нарастает, а участвовавшие в последнее время чрезвычайные ситуации различного характера оказывают существенное негативное влияние на обеспеченность населения водой питьевого качества.

В то же время для обеспечения питьевой водой населения в условиях чрезвычайной ситуации крайне важно обеспечить своевременное и быстрое развертывание мобильных средств очистки воды.

К настоящему времени разработаны (в первую очередь, для нужд Минобороны России и МЧС России) многочисленные мобильные станции и установки для очистки воды. В современных образцах в большинстве случаев используются мембранные методы очистки воды.

Однако эти методы предусматривают тщательную предварительную подготовку загрязненной воды. Наличие в воде трудно окисляемых органических соединений, нефтепродуктов и других загрязнителей ведет к снижению проницаемости и необходимости частой замены дорогостоящих мембран.

Существующие системы предварительной подготовки воды часто неприменимы к сильно загрязненным в условиях чрезвычайных ситуаций водам. Они имеют следующие недостатки: использование алюмосодержащих коагулянтов, приводящих к высокой концентрации алюминия в воде, предназначенной для мембранной очистки; отсутствие возможности удаления

отдельных видов загрязнителей; отсутствие эффективных режимов перемешивания подготавливаемой воды; высокие массогабаритные показатели и удельные энергетические затраты.

Поэтому **актуальность** избранной темы обусловлена сложившимися противоречиями между необходимостью повышения эффективности работы мобильных станций и установок для очистки воды в условиях чрезвычайных ситуаций и частым наличием сложного и нестабильного состава очищаемой воды перед стадией мембранной очистки, что существенно снижает производительность существующих в настоящее время образцов.

В этой связи сформулированная автором **цель исследования** заключается в разработке мобильной установки очистки поверхностных вод со сложным составом загрязнителей на основе сочетания реагентного и мембранного методов с высокой эффективностью по степени очистки, реагенто- и энергозатратам.

Лично соискателем получены следующие наиболее существенные новые научные результаты:

разработан новый способ получения гибридного алюмокремниевого реагента и определены оптимальные дозы реагента и значения рН при очистке модельных водных растворов на основе результатов математического моделирования и экспериментальных исследований;

разработано новое устройство дозирования и смешения реагентов в процессе предварительной подготовки воды перед стадией мембранной очистки;

разработана новая комбинированная реагентно-мембранная система очистки воды на основе блока предварительной подготовки с устройством эжекционного дозирования и смешения реагентов и блока мембранной очистки на основе устройства микрофльтрации с использованием мембраны из пористого карбида титана и устройства обратного осмоса.

Новизна полученных результатов заключается:

новизна первого научного результата заключается в разработанной методике экспериментального исследования процессов очистки модельных водных растворов и полученных результатах экспериментальных исследований процессов очистки модельных водных растворов на основе загрязнителей (тяжелые металлы, нефтепродукты, остаточный алюминий, соли жесткости, взвешенные вещества) с использованием композиционных алюмокремниевых реагентов. **Достоверность первого научного результата** подтверждается конкретными результатами экспериментальных исследований, применением известных физических закономерностей, аттестованных измерительных средств

и апробированных методик измерения, воспроизводимостью результатов эксперимента;

новизна второго научного результата заключается в разработке устройства дозирования и смешения реагентов, включающего струйные эжекционные смесители, обеспечивающие гидродинамическую интенсификацию процесса реагентной предочистки воды, и разработке принципиальной гидравлической схема блока предварительной подготовки и блока мембранной очистки с обоснованными выбранными техническими решениями. **Достоверность второго научного результата** подтверждается полученными результатами применения нового устройства дозирования и смешения реагентов в процессе предварительной подготовки воды перед стадией мембранной очистки, а также применением для определения основных показателей физико-химического состава воды до и после очистки известных методов хроматографического, электрохимического, колориметрического и фотоколориметрического анализа.

новизна третьего научного результата заключается в разработке новой комбинированной реагентно-мембранной системы очистки воды на основе блока предварительной подготовки с устройством эжекционного дозирования и смешения реагентов и блока мембранной очистки на основе устройства микрофльтрации с использованием мембраны из пористого карбида титана и устройства обратного осмоса. **Достоверность третьего научного результата** подтверждается полученными результатами исследовательских испытаний экспериментального образца мобильной мембранной установки очистки воды на модельных растворах и реальных загрязненных водах.

Основываясь на полученных результатах, **автор доказал, что:**

использование нового гибридного алюмокремниевого реагента позволяет существенно (до 0,02–0,05 мг/л) снизить концентрацию токсичного остаточного алюминия в очищенной воде по сравнению с другими алюмосодержащими реагентами за счет формирования в процессе очистки алюмокремниевых цеолитоподобных структур, обладающих эффектом объемной сорбции в диапазоне pH от 6,0 до 8,0;

использование нового устройства дозирования и смешения на основе струйных смесителей (водоводяного и водовоздушного эжекторов) способствует интенсификации процессов очистки и повышению степени очистки воды за счет перемешивания реагентов в интенсивных гидродинамических полях при $R_e \gg R_{кр}$ и создании эффекта гидродинамической кавитации;

использование нового блока предварительной подготовки воды на основе нового устройства дозирования и смешения реагентов позволяет повысить удельную производительность устройства микрофильтрации до 3,7 раза при очистке воды от нефтепродуктов и солей жесткости и до 4,3 раза при очистке от тяжелых металлов (медь).

Поэтому **теоретическое значение** научных результатов заключается в развитии методов повышения эффективности по степени очистки воды со сложным составом загрязнителей на основе сочетания реагентного и мембранного методов.

Практическая ценность научных результатов состоит в разработке экспериментального образца мобильной мембранной установки очистки воды с блоком предварительной реагентной подготовки на основе нового устройства эжекционного дозирования и смешения и блоком мембранной очистки. Показано, что степень очистки сточных вод после стадии микрофильтрации по всем показателям составляет более 99 %.

Результаты работы позволяют:

обосновать применение нового способа получения модифицированного гибридного алюмокремниевого реагента в виде раствора для очистки воды, обладающего одновременно свойствами коагулянта, флокулянта и сорбента;

обосновать применение нового устройства эжекционного дозирования и смешения реагентов, обеспечивающее повышение степени очистки воды от солей жесткости, тяжелых металлов и нефтепродуктов;

применять разработанную мобильную мембранную установку очистки воды как экстренными службами при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, так и в полевых условиях для получения питьевой воды.

Степень обоснованности научных результатов, выводов и рекомендаций, выдвигаемых автором, можно отнести к достаточно высоким. **Достоверность** полученных результатов, в целом, обеспечивается обоснованным выбором известных физических закономерностей, аттестованных измерительных средств и апробированных методик измерения, воспроизводимостью результатов эксперимента.

Результаты диссертационной работы **реализованы** в 3 патентах.

Основные результаты диссертационной работы **опубликованы** в 12 научных трудах, в том числе 4 статьях и изданиях, индексируемых в международных базах данных (Scopus, Web of Science, Georef, Chemical Abstracts Service), 5 тезисах и материалах международных и всероссийских конференций, а также в 3 патентах.

Актуальность и новизна полученных новых результатов исследования подтверждена их **апробацией** на XIII Всероссийской научной конференции (с международным участием) «МЕМБРАНЫ-2016», г. Нижний Новгород, 2016 г.; на XVI и XVII Международных научных конференциях и школе молодых ученых «Физико-химические процессы в атомных системах», г. Москва, 2017г. и 2019 г.; на 9-й Международной конференции и выставке по методам разделения, г. Цюрих, 2018 г.; на V Международной конференции и молодежной школе «Информационные технологии и нанотехнологии» (ITNT – 2019), г. Самара, 2019 г.; на XX и XXI Менделеевском съезде по общей и прикладной химии, г. Екатеринбург и г. Санкт-Петербург, 2016 г. и 2019 г. соответственно; на III Международной научно-практической конференции «Наука, общество, инновации: актуальные вопросы современных исследований», г. Пенза, 2023 г.

Автореферат соответствует основным положениям диссертации. Автореферат оформлен правильно, в рамках установленного объема, написан грамотным литературно-техническим языком, изложение характеризуется достаточным сочетанием строгих положений и их разъяснений. Качество оформления диссертации удовлетворяет требованиям ВАК. Тема и содержание диссертации соответствуют специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология. При высоком, в целом, уровне выполнения автореферата диссертационной работы, насыщенности ее фактическим материалом, теоретическими разработками и методическими выводами, она **не лишена замечаний**, которые не снижают ценности и значимости полученных результатов:

1. В автореферате целесообразно было бы четко сформулировать научную задачу исследования, объект и предмет исследования;

2. К сожалению, в автореферате не представлена математическая модель, на основе результатов которой установлены закономерности процессов очистки воды с использованием гибридного алюмокремниевого реагента (ссылки на нее имеются на стр. 3 и 18) и разработана методика экспериментального исследования процессов очистки модельных растворов (стр. 7);

3. Несмотря на то, что автореферат диссертации выполнен грамотным русским языком, имеются отдельные редакторские замечания, в частности, в перечне решаемых задач (стр. 2, 3) после каждой задачи (за исключением последней) рекомендуется поставить точку с запятой, а не точку.

ВЫВОД: Диссертационная работа Александрова Р.А. выполнена на актуальную тему, является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, заключающейся в разработке мобильной установки очистки поверхностных вод со сложным составом загрязнителей на основе сочетания реагентного и мембранного методов с высокой эффективностью по степени очистки, реагенто- и энергозатратам, имеющей важное значение для повышения эффективности и надежности водоснабжения населения в условиях чрезвычайных ситуаций различного характера, и отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Александров Роман Алексеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология.

Профессор кафедры инженерной защиты населения и территорий,
кандидат военных наук, доцент

21 января 2025 г.



Ю.Н. Тарабаев