

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Александрова Романа Алексеевича

на тему «**Разработка мобильной мембранной установки очистки воды в условиях чрезвычайных ситуаций**»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология (технические науки)

Общая характеристика работы

Диссертация Александрова Романа Алексеевича посвящена разработке и исследованию мобильной мембранной установки очистки воды в условиях, участившихся чрезвычайных ситуаций (ЧС). В ходе работы решены задачи получения нового гибридного алюмокремниевого реагента, интенсификации процесса реагентной и мембранной очистки воды. Разработаны устройства эжекционного дозирования и разработан блок мембранной очистки. новый способ получения была создан блок предварительной подготовки воды с устройством эжекционного дозирования и смешения реагентов, в котором используется модернизированный композиционный алюмокремниевый реагент и методы гидродинамической интенсификации процессов реагентной очистки. Также был разработан блок мембранной очистки, основанный на устройстве микрофльтрации и устройстве обратного осмоса. На основе данных блоков разработана мобильная мембранная установка для очистки поверхностных вод в полевых условиях и условиях ЧС.

Актуальность работы

Диссертационная работа Александрова Романа Алексеевича посвящена актуальной теме разработки мобильных мембранных установок очистки воды в условиях ЧС. Данные установки должны обеспечивать эффективную очистку воды высокой степени загрязненности при небольших габаритных размерах и удельных энергозатратах, что и определяет их актуальность.

Научная новизна

Научная новизна работы заключается в разработке нового способа получения модифицированного гибридного алюмокремниевого реагента, получении и обосновании зависимости концентрации загрязнителей (общего железа, меди и нефтепродуктов) и остаточного алюминия от дозы гибридного алюмокремниевого реагента. На основе результатов математического моделирования и экспериментальных исследований определены оптимальные дозы реагента и значения рН при очистке модельных водных растворов, показан

эффект снижения концентрации остаточного алюминия в воде после обработки алюмосодержащим реагентом и предложена гипотеза о формировании в процессе очистки алюмокремниевых цеолитоподобных структур, обладающих сорбирующим действием. Кроме того, в разработана новая комбинированная реагентно-мембранная система очистки воды, включающая блок предварительной подготовки с устройством эжекционного дозирования и смешения реагентов и блок мембранной очистки на основе устройства микрофльтрации с использованием мембраны из пористого карбида титана и устройства обратного осмоса.

Практическая значимость

Практическая значимость работы заключается в разработке нового устройства дозирования и смешения реагентов на основе струйных смесителей – водоводяного и водовоздушного эжекторов, с целью интенсификации процессов очистки и повышения степени очистки воды за счёт перемешивания реагентов в интенсивных гидродинамических полях при $Re \gg Re_{кр}$ и создания эффекта гидродинамической кавитации. Также большую практическую ценность имеет разработанный экспериментальный образец мобильной установки для очистки воды, который обеспечивает необходимую степень очистки сильнозагрязненных сточных вод по основным загрязнителям при минимальных среди аналогов удельных энергозатратах – $2,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$.

Достоверность результатов работы

Достоверность полученных результатов обоснована применением современного аналитического оборудования, апробированных методик измерения, а также воспроизводимостью результатов, полученных экспериментальным путем.

Содержание

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованных источников из 102 наименований и 1 приложения. Общий объем работы составляет 114 страниц машинописного текста, включая 30 рисунков и 13 таблиц.

Во **введении** обоснована актуальность, поставлены цели и задачи, которые необходимо было решить в рамках настоящей работы. Отмечена научная новизна, теоретическая и практическая значимость.

В **первой главе** проведено исследование состояния технологий очистки воды, загрязненной техногенными примесями. Рассмотрены методы и аппараты для механической очистки воды, основные баромембранные процессы, а также материалы мембран, применяемых для очистки воды. Особое внимание уделено перспективным мембранам из пористого карбида титана, изготовленным по технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). Рассмотрены современные коагулянты, флокулянты, композиционные реагенты, а также способы интенсификации процессов реагентной очистки, отмечены их преимущества и недостатки. Рассмотрены современные мобильные установки

очистки воды, выявлены недостатки существующих установок и систем предварительной реагентной подготовки воды перед стадией мембранной очистки.

Во второй главе описываются методы и подходы, применяемые при проведении исследований и выполнении работы. Разработан новый способ получения гибридного алюмокремниевое реагента, приведено описание методов исследования реагента, а также подходов к моделированию процессов очистки воды с использованием этого реагента. Разработана методика расчета струйных смесителей – водоводяного и водовоздушного эжекторов для устройства эжекционного дозирования и смешения реагентов.

Наибольший интерес представляют третья и четвертая главы, посвященные экспериментальным исследованиям гибридного алюмокремниевое реагента, расчету водоводяного и водовоздушного эжекторов, а также разработке и исследовательским испытаниям экспериментального образца мобильной мембранной установки очистки воды. Представленные экспериментальные исследования несомненно подтверждают эффективность гибридного алюмокремниевое реагента, работоспособность разработанных технических решений и устройств. Сделан вывод о том, что использование разработанного устройства эжекционного дозирования и смешения реагентов позволяет повысить степень очистки воды от солей жесткости и тяжелых металлов более чем на 20%, а степень очистки воды от нефтепродуктов на 8% по сравнению со стандартным перемешиванием лопастной мешалкой (120 об/мин) за счет реализации процесса перемешивания в интенсивном гидродинамическом поле при $Re \gg Re_{кр}$. Это также позволяет повысить удельную производительность устройства микрофльтрации в 3,7 раза при очистке от нефтепродуктов и солей жесткости, и в 4,3 раза при очистке от металлов (медь). В свою очередь показатели воды, полученные после очистки модельных и сточных вод на экспериментальном образце установки, удовлетворяют нормам предельно допустимых концентраций (ПДК) по СанПиН 1.2.3685-21.

В заключении диссертационной работы автор подводит итоги диссертационного исследования.

Работа прошла необходимую апробацию. Результаты работы были представлены на 5 всероссийских и международных конференциях. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 4 статьях в изданиях, индексируемых в международных базах данных (Scopus, Web of Science, GeoRef, Chemical Abstracts Service). По итогам работы получено 2 патента на полезные модели: «Мобильная установка очистки воды» и «Устройство дозирования и смешения реагентов» и 1 патент на изобретение «Способ получения гибридного алюмокремниевое реагента для очистки природных и промышленных сточных вод и способ очистки природных и промышленных сточных вод этим реагентом».

Основным замечанием к данной работе является недостаточная проработанность теоретической модели, а также отсутствие количественного сравнения ее с результатами экспериментальных исследований. В работе могли быть представлены не только эскизы, но и

реальные фотографии узлов установки. Других существенных замечаний данная работа не имеет.

Указанные недостатки не нарушают качества и целостности проведенной работы.

Диссертационная работа Александрова Романа Алексеевича заслуживает высокой оценки, поскольку обладает как новизной, так и практической ценностью. Работа полностью удовлетворяет требованиям к кандидатским диссертациям, определенным Положением о порядке присуждения ученых степеней в РХТУ им. Д.И. Менделеева, утвержденным приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103ОД, а Александров Роман Алексеевич заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология.

Диссертационная работа Александрова Романа Алексеевича на тему «Разработка мобильной мембранной установки очистки воды в условиях чрезвычайных ситуаций» полностью соответствует паспорту научной специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология в п. 5 Комбинированные и гибридные процессы мембранной технологии (сочетание мембранных процессов с другими процессами химической технологии: абсорбцией, адсорбцией, ректификацией, дистилляцией), п. 6 Применение мембранных процессов в промышленности, охране окружающей среды и медицине, в том числе решение проблем водного хозяйства, разделения жидких и газовых смесей, выделения ценных или токсичных компонентов из сточных вод и газовых выбросов, использование процессов и устройств для поддержания жизнедеятельности человека и п. 7 Изучение особенностей мембранных систем, таких как концентрационная поляризация, засорение и старение мембран, и методов борьбы с этими явлениями.

Старший научный сотрудник
научно-исследовательской лаборатории
«Лаборатория технологий получения
веществ электронной чистоты»
кандидат химических наук

23.01.2025
С. С. Суворов



Суворова С.С.
ученый секретарь ННГУ
Ф.Ю. Черноморская
Тел. 462-30-21

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И.
Лобачевского», Научно-исследовательский институт химии

603022, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, пр-кт Гагарина, д.23
Рабочий e-mail, рабочий телефон: s.suvorov@unn.ru, +7-903-847-02-31