

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

РХТУ2.6.08 РХТУ им. Д.И. Менделеева

по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № 11/26

решение диссертационного

совета от 26 июня 2026 № 15

О присуждении ученой степени кандидата технических наук Смирнову Александру Александровичу, представившему диссертационную работу на тему «Повышение эффективности установок обратного осмоса» по научной специальности 2.6.15 Мембраны и мембранная технология.

Принята к защите 22 мая 2026 г., протокол № 14 диссертационным советом РХТУ2.6.08 РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 11 человек приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева № 352 А от 8 сентября 2022 г. В состав диссертационного совета внесены изменения в соответствии с приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева № 118 ОД от 13 декабря 2024 г.

Соискатель Смирнов Александр Александрович 1987 года рождения, гражданин Российской Федерации. В 2010 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева», диплом с отличием регистрационный номер 227 от 10 марта 2010 года.

В 2022 году поступил в аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов по философии науки и техники и английскому языку выдана в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в 2025 году, справка о сдаче кандидатского экзамена по специальной дисциплине выдана в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева» в 2026 году.

Соискатель с 2010 года работает в АО «НПК Медиана-Фильтр» в технологическом отделе и на данный момент занимает должность начальника технологического отдела.

Диссертация выполнена в техническом департаменте АО «НПК Медиана-Фильтр».

Научный руководитель – кандидат химических наук, генеральный директор АО «НПК Медиана-Фильтр» Смирнов Владимир Брониславович.

Официальные оппоненты:

Доктор химических наук, Милютин Виталий Витальевич, заведующий лабораторией хроматографии радиоактивных элементов Института физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина РАН (ИФХЭ РАН), г. Москва.

Кандидат технических наук, Громов Сергей Львович, старший научный сотрудник, доцент кафедры ТОТ им. М.П. Вукаловича, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ".

Ведущая организация - Акционерное общество «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехнический научно-исследовательский институт» (АО «ВТИ»)

Основные положения и выводы диссертационного исследования в полной мере изложены в 9 научных работах, в том числе 3 статьях в изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science, Scopus, Chemical Abstracts, 4 работах в материалах международных конференций.

Наиболее значимые работы:

1. Panteleev A.A., **Smirnov A.A.**, Smirnov V.B. Treatment of Makeup Water for Drum Boilers by the Two-Stage Reverse Osmosis. Thermal Engineering. 2019. V. 66. № 6. P. 450-456. (Scopus, Web of Science)
2. Panteleev A.A., **Smirnov A.A.**, Smirnov V.B., Kovalenko V.P. New Method For Measuring Colloidal Index. Thermal Engineering. 2021. Vol. 68. N. 9, P. 723–729. (Scopus, Web of Science)
3. **Смирнов А.А.**, Смирнов В.Б. Повышение эффективности двухступенчатых установок обратного осмоса. Новое в российской электроэнергетике. 2024. № 7. С. 24. (РИНЦ)
4. **Смирнов А.А.**, Смирнов В.Б., Ларионов С.Ю., Пантелеев А.А. Особенности эксплуатации комбинированных систем обессоливания воды. Новое в российской электроэнергетике. 2025. № 2. С. 16 (РИНЦ).

Все работы опубликованы в соавторстве. Личный вклад автора составляет от 40 до 90 % и заключается в непосредственном формулировании цели и задачи работы, выборе методов исследования, проведения анализа и обработке полученных результатов. Автор принимал непосредственное участие в проектировании и монтаже экспериментальной установки, проведении экспериментальной работы, обработке полученных результатов и их интерпретации, формулировании выводов и положений и подготовке публикаций.

Результаты диссертации представлены на 5 международных и всероссийских конференциях:

1. Календарев Р.Н., Смирнов А.А. Проектирование ВПУ с применением каскадного концентрирования стока с установки обратного осмоса. V Международный Водно-Химический Форум. НИУ «МЭИ». 3 – 6 апреля 2012 г., г. Москва (Устный)
2. Ларионов С.Ю., Пантелеев А.А., Смирнов В.Б., Бобинкин В.В., Смирнов А.А. Особенности режимов работы комбинированных систем водоподготовки // Сборник материалов XI Международного водно-химического форума, 22-25 мая 2018 г., Минск : Институт физико-органической химии НАН Беларуси, 2018, С. 95.
3. Смирнов А.А., А.А. Пантелеев, Смирнов В.Б. Коллоидный индекс. Методологические заметки. // Сборник материалов XI Международного водно-химического форума, 22-25 мая 2018 г., Минск : Институт физико-органической химии НАН Беларуси, 2018, С. 157.
4. Смирнов А.А., Смирнов В.Б. Повышение эффективности установок обратного осмоса. // [Электронный ресурс] – URL: <https://ifoch.by/wp->

content/uploads/2024/05/mvhf-2024-sbornik-materialov.pdf. Минск : Институт физико-органической химии НАН Беларуси , 2024. Сборник материалов XII Международного водно-химического форума, 21-24 мая 2024 г., Минск : Институт физико-органической химии НАН Беларуси, 2024, С. 68-71.

5. Смирнов А.А., Чудова Ю.В, Смирнов В.Б. Повышение эффективности установок обратного осмоса на ТЭС. IV Международная конференция «Современные проблемы теплофизики и энергетики». // Материалы IV Международной конференции «Современные проблемы теплофизики и энергетики» (СПТЭ). Москва, 21-25 октября 2024 г. – М.: Издательство МЭИ, 2024. С. 417-418

Результаты диссертационной работы были внедрены в деятельность АО «НПК Медиана-Фильтр», что подтверждается актом от 01 декабря 2025 года (в приложении к диссертации).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Отзыв официального оппонента – Доктор химических наук, Милютин Виталий Витальевич, заведующий лабораторией хроматографии радиоактивных элементов Института физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина РАН (ИФХЭ РАН), г. Москва. В отзыве отражена актуальность работы, научная новизна, практическая значимость, достоверность результатов и выводов. Отзыв положительный. Имеются следующие замечания и вопросы по диссертации:

1. С.50. Вряд ли приведенные затраты на эксплуатацию установки обратного осмоса можно рассчитать с точностью до десятых руб., с учетом погрешности исходных показателей и колебаний стоимости электроэнергии и реагентов.

2. С.52. Чем предложенный способ безреагентного уменьшения количества концентрата установки обратного осмоса непрерывного типа принципиально отличается от известного обратного осмоса полупериодического действия, описанного в разделе 1.2.3?

3. С.103. «В пробах № 9 и № 10, а также № 13 и № 14 наблюдалось выпадение осадка через 30-40 мин после отбора». Не приведет ли это к забивке трубопроводов, а также к выходу из строя насосов?

4. С.103. «Сбор наиболее концентрированной части регенерата показал, что в процессе регенерации вытеснено 274 мг-экв солей жёсткости, что близко к значению, полученному при регенерации соляной кислотой (340 мг-экв).» Разве 80%-ная степень регенерации может считаться приемлемой для технологии?

5. С.106. «регенерацию катионита серной кислотой необходимо проводить ступенчато,...». Насколько это технологично – использовать кислоту трех концентраций? Это приведет к увеличению бакового хозяйства и усложнению технологии.

6. С.128. «Экспериментальным путем показано, что сдвиг начала измерений на 50 сек. от момента подачи пробы...». Насколько такое определенное значение времени (50 с) будет действительно для других условий проведения экспериментов? Какой возможный разброс по времени? От чего он зависит?

Закключение по работе положительное. Высказанные замечания и вопросы не влияют на общую положительную оценку данной диссертационной работы, выполненной на высоком научном и экспериментальном уровне.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы:

Достоверность полученных автором результатов подтверждается использованием методик эксперимента, соответствующих современному научному уровню, воспроизводимостью результатов, а также согласованностью результатов с опубликованными данными. Основные выводы диссертации обоснованы и логично вытекают из содержания работы.

Практическая значимость подтверждается актом внедрения результатов диссертации в деятельность АО «НПК Медиана-Фильтр».

Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Результаты работы неоднократно докладывались на международных конференциях. По теме диссертации опубликовано 9 научных работ, в том числе 3 статьи в изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science, Scopus, Chemical Abstracts.

По своему содержанию диссертационная работа Смирнова А.А. соответствует паспорту научной специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология в части направлений исследований: п.4 «Технологические схемы с применением мембранных процессов, их экономическое и экологическое обоснование» и п. 5. «Мембранные процессы очистки, извлечения (кондиционирования) жидких и газообразных энергоносителей из смесей их содержащих природного, биогенного и техногенного происхождения. Комбинированные и гибридные процессы мембранной технологии (сочетание мембранных процессов с другими процессами химической технологии: абсорбцией, адсорбцией, ректификацией, дистилляцией)».

Диссертация Смирнова А.А. представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технологические решения задачи создания современных эффективных обратноосмотических установок обессоливания воды, внедрение которых позволит получить значительный экономический и экологический эффект.

По актуальности, новизне, теоретической и практической значимости диссертация Смирнова Александра Александровича на тему «Повышение эффективности установок обратного осмоса» соответствует 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 диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Смирнов Александр Александрович, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология.

2. Отзыв официального оппонента – кандидат технических наук, Громов Сергей Львович, старший научный сотрудник, доцент кафедры ТОТ им. М.П. Вукаловича, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ". В отзыве отражена актуальность работы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, достоверность результатов и выводов. Отзыв положительный.

Отмечены следующие обстоятельства:

1. Применение автоматизированного оборудования для проведения

экспериментов, что не только «облегчает жизнь» исследователю, но, в первую очередь, позволяет повысить степень достоверности полученных данных;

2. Нацеленность на практические результаты (например, стремление усовершенствовать существующие подходы к определению влияния коллоидной компоненты в исходной воде на показатели стабильности эксплуатации обратноосмотических установок);

3. Необходимость отказа от традиционных воззрений на идентичность показателей качества фильтрата после первой ступени ионообменного обессоливания и обратноосмотического пермеата.

Имеются следующие замечания по диссертации:

1. В обзорной части работы приводится широко распространенное, но некорректное утверждение о том, что термические методы обессоливания являются безреагентными – ни одна промышленная выпарная/испарительная установка не обходится без применения реагентов при проведении периодических промывок в процессе эксплуатации.

2. Содержащиеся в обзоре утверждения о неприменении реагентов в рабочем цикле промышленных установок обратного осмоса и об отсутствии дополнительных (по сравнению с исходной водой) компонентов в стоках после мембранного оборудования не соответствуют действительности.

3. Применение 2-х ступенчатого обратного осмоса всегда приводит к росту капитальных и эксплуатационных (через статью амортизации) затрат на водоподготовительной установке, которые перекрывают любую экономию от снижения потребления воды на собственные нужды и удешевления предподготовки.

4. Словосочетание «математическая модель методики» лингвистически ущербно.

5. Строго говоря, природа реакций ионного обмена отличается от механизмов сорбции – десорбции.

6. При описании процесса HERO акцент сделан на сопутствующих эффектах, а не на запатентованных положениях разработки компании Aquatech.

7. При рассмотрении CCRO упущены из виду патент компании «Гидротех» от 2019 г. и то обстоятельство, что именно в полупериодическом режиме функционировали экспериментальные/пилотные установки, эксплуатировавшиеся отечественными исследователями в 70-е годы прошлого века.

8. Допущено некорректное описание принципов и параметров работы оборудования для вибрационного мембранного разделения в обзорной части. Неверно указаны значение резонансной амплитуды колебаний модулей, обеспечиваемые показатели доли отбора пермеата, отвергнуто применение метода фильтрования из тангенциального потока.

9. Принятая для анализа процесса осадкообразования на поверхности мембран в качестве рабочей гипотезы модель кристаллизации, сочетающая объемные и поверхностные эффекты, не только не согласуется с классическими представлениями о характере этого процесса, но и игнорирует различия в природе кристаллизующихся соединений, а также влияние свойств сжимаемости высокодисперсных осадков.

10. Утверждение об ограничении нижнего предела потока концентрата в рулонных обратноосмотических элементах типоразмера 8040 значением расходной характеристики не менее $5,1 \text{ м}^3/\text{ч}$, не получило должного обоснования (как теоретического плана, так и экспериментального характера), чтобы считаться справедливым не только для конкретных условий выполненных исследований, но и для общего случая.

В качестве недостатка общего плана можно отметить, что значительную долю в содержании работы занимают, по сути, литературные обзоры отдельных аспектов рассматриваемой проблематики. (При этом, ради справедливости, надо отметить, что без такого подхода задача исследования из-за ее комплексного характера и зависимости от широкого спектра факторов реализовать бы не удалось).

Имеются следующие вопросы по диссертации:

1. В чем смысл корреляции, представленной на Рис. 13 ((зависимость солесодержания пермеата после второй ступени от доли отбора (СИФ) на первой ступени), если далее Вы абсолютно справедливо указываете на зависимость солесодержания пермеата от минерализации раствора, поступающего на соответствующую ступень установки обратного осмоса?

2. Почему Вы прибегли к использованию параметра «скорости перемешивания при кристаллизации» вместо «интенсивности перемешивания»? И что Вы подразумеваете под ее (скорости) «высоким» и «низким» значениями?

3. Почему, несмотря на многочисленные недостатки, Вы выбрали именно SDI (а не MFI или индекс на базе UF) в качестве базы сравнения с ОКИ?

4. Хотелось бы узнать Ваше мнение относительно причин, по которым мембранный фильтр продемонстрировал максимальную производительность при работе на ОО-пермеате, дважды пропущенном через микрофильтр $0,45 \text{ мкм}$? И что содержится в ОО-пермеате такого (какие загрязнения/примеси/структуры/компоненты), которые удаляются микрофльтрацией с рейтингом $0,45 \text{ мкм}$, но при этом не задерживаются обратноосмотической мембраной?

5. В чем проявляются «трудоемкость обслуживания и ремонта» пленочных декарбонизаторов и по сравнению с чем они (трудоемкость ремонта и обслуживания) «повышенные»?

6. Что Вы имеете в виду под «недостаточной гидродинамикой» пленочных декарбонизаторов? Какая гидродинамика является «достаточной»?

Заключение по работе положительное. Указанные недостатки носят частный характер и не могут повлиять ни на результаты и выводы, сделанные диссертантом, ни на общую положительную оценку выполненной им работы, представляющей собой завершенное исследование.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы:

По своему содержанию диссертационная работа Смирнова А.А. соответствует паспорту научной специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология в части п. 3. «Разработка принципов функционирования мембран различного назначения (обратноосмотических, нано-, ультра-, микрофльтрационных, первапорационных, ионообменных, газоразделительных) при мембранном разделении компонентов жидких

и газовых смесей, в том числе в мембранных контакторах и мембранном катализе»; п. 4. «Технологические схемы с применением мембранных процессов, их экономическое и экологическое обоснование»; п. 5. «Мембранные процессы очистки, извлечения (кондиционирования) жидких и газообразных энергоносителей из смесей их содержащих природного, биогенного и техногенного происхождения. Комбинированные и гибридные процессы мембранной технологии (сочетание мембранных процессов с другими процессами химической технологии: абсорбцией, адсорбцией, ректификацией, дистилляцией)»; п. 7. «Методы расчета и оптимизация режимов работы мембранных аппаратов и систем с целью улучшения конструкции аппаратов, мембранных модулей и повышения эффективности их работы. Изучение особенностей мембранных систем, таких как концентрационная поляризация, засорение и старение мембран, и методов борьбы с этими явлениями.»

Диссертация Смирнова А.А. представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технологические решения задачи создания современных эффективных обратноосмотических установок обессоливания воды, внедрение которых позволит получить значительный экономический и экологический эффект.

По актуальности, новизне, теоретической и практической значимости диссертация Смирнова Александра Александровича на тему «Повышение эффективности установок обратного осмоса» соответствует 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 диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология.

3. Отзыв ведущей организации – акционерное общество «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехнический научно-исследовательский институт» (АО «ВТИ»). Отзыв составлен и подписан первым заместителем заведующего отделением водно-химических процессов АО «ВТИ», кандидатом технических наук Макаровой Еленой Владимировной, согласован заведующей отделением водно-химических процессов АО «ВТИ» Акулич Раисой Васильевной, утвержден генеральным директором АО «ВТИ» Болтенковым Иваном Александровичем. В отзыве отражены актуальность исследования, анализ содержания диссертационной работы, теоретическая значимость, практическая значимость, достоверность и обоснованность результатов. Отзыв положительный.

Замечания и вопросы по диссертационной работе:

1. Может ли быть применён предлагаемый в главе 2 способ уменьшения потока концентрата для установок нанофильтрации?

2. В работе утверждается, что минимальный поток концентрата для элемента 8040 должен составлять 5,1 м³/ч (стр. 39-40). Однако не указано, как этот вывод коррелирует с данными производителей мембран (например, DuPont, Тогау) для вод с температурой >25°C или высокой вязкостью. Учтены ли температурные поправки?

3. В таблице 2 (стр. 51) приведена экономическая эффективность, но не

раскрыта методика расчёта стоимости сброса концентрата при солесодержании > 3 г/л (коэффициент 1,5). Чем обоснован этот коэффициент?

4. С.51. Сравнительный расчет эксплуатационных затрат проведен без учета региона эксплуатации, цены в разных регионах могут значительно отличаться.

5. Предложен новый показатель - обобщённый коллоидный индекс (ОКИ) с предельным значением 5,13. Однако в работе не приведена статистическая обработка результатов измерений (среднеквадратичное отклонение, доверительный интервал). Какова воспроизводимость ОКИ при многократных измерениях на одной и той же воде?

6. С.94. Чем может быть обусловлено резкое падение производительности тестовой мембраны? Проводились ли исследования этого явления?

7. С. 104. Из графика видно значительное содержание ионов железа в пробе катионита, нехарактерно высокое по сравнению с другими катионами. Чем это может быть обусловлено?

8. С. 124. Указанное значение $pH = 8.5$ как значение, при котором вся уголекислота переходит в ионную форму является завышенным относительно общеизвестного значения $pH = 8.3$ полного перехода форм уголекислоты в карбонат- и гидрокарбонат-ионы.

9. Как предлагаемый способ уменьшения концентрата (рециркуляция) влияет на накопление микроорганизмов в системе - не создаётся ли благоприятная среда для биообрастания?

10. В диссертации предлагается подщелачивание перед второй ступенью ОО до $pH 8.5$ для связывания остаточной уголекислоты. Однако при этом в воду вводятся ионы Na, часть которых (1-2% при селективности мембраны 98-99%) неизбежно проникает в пермеат. Проводилась ли количественная оценка роста концентрации натрия в конечном пермеате? Не ухудшает ли это качество воды для подпитки котлов высокого давления?

Закключение по работе положительное. Отмечено, что сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы, выполненной на высоком научном и экспериментальном уровне. Достоверность полученных автором результатов подтверждается использованием методик эксперимента, соответствующих современному научному уровню, воспроизводимостью результатов, а также согласованностью результатов с опубликованными данными. Основные выводы диссертации обоснованы и логично вытекают из содержания работы.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы:

По своему содержанию диссертационная работа Смирнова А.А. соответствует паспорту научной специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология в части п. 3. «Разработка принципов функционирования мембран различного назначения (обратноосмотических, нано-, ультра-, микрофильтрационных, первапорационных, ионообменных, газоразделительных) при мембранном разделении компонентов жидких и газовых смесей, в том числе в мембранных контакторах и мембранном катализе»; п. 4. «Технологические схемы с применением мембранных процессов, их экономическое и экологическое обоснование»; п. 5. «Мембранные процессы очистки, извлечения (кондиционирования) жидких и газообразных энергоносителей из смесей их содержащих природного, биогенного и техногенного происхождения. Комбинированные и гибридные процессы мембранной технологии (сочетание мембранных процессов с другими процессами химической технологии: абсорбцией,

адсорбцией, ректификацией, дистилляцией)»; п. 7. «Методы расчета и оптимизация режимов работы мембранных аппаратов и систем с целью улучшения конструкции аппаратов, мембранных модулей и повышения эффективности их работы. Изучение особенностей мембранных систем, таких как концентрационная поляризация, засорение и старение мембран, и методов борьбы с этими явлениями.»

Диссертация Смирнова А.А. представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технологические решения задачи создания современных эффективных обратноосмотических установок обессоливания воды, внедрение которых позволит получить значительный экономический и экологический эффект. По актуальности, новизне, теоретической и практической значимости диссертация соответствует 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 диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Смирнов Александр Александрович, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология.

Отзыв ведущей организации был рассмотрен и одобрен на заседании научно-технического совета отделения водно-химических процессов Акционерного общества «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени Теплотехнический научно-исследовательский институт», протокол от 21 мая 2026 г. № 2.

4. Отзыв на автореферат доктора химических наук, профессора, главного научного сотрудника ИНХС РАН Волкова Владимира Васильевича. Отзыв положительный. По автореферату имеются некоторые замечания и вопросы:

1. Чем предложенный способ уменьшения количества концентрата установок обратного осмоса лучше указанных в первой главе процессов OARO, CCRO, VSEP и проч.?
2. Что делать с полученным засоленным концентратом установок обратного осмоса?
3. С.66, рис. 19. Судя по графику, в исходной воде не было частиц малого размера, а после фильтрации они появились?

По материалам автореферата можно заключить, что диссертация Смирнова Александра Александровича на тему «Повышение эффективности установок обратного осмоса» представляет собой законченную научно-квалификационную работу и соответствует требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденным приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а ее автор, Смирнов Александр Александрович, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология.

5. Отзыв на автореферат доктора химических наук, профессора, заведующей лабораторией мембранных процессов Государственного научного учреждения

«Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси» Плиско Татьяны Викторовны. Отзыв положительный. Вместе с тем автореферат содержит отдельные замечания и имеются следующие вопросы:

1. Почему в работе описан способ снижения количества концентрата мембранных элементов рулонного типа, а не иных конструкций?
2. В работе не представлено объяснение резкого падения производительности тестовой мембраны при измерении индекса плотности осадка в начале эксперимента.
3. Проводилась ли апробация обобщенного коллоидного индекса на опытных или промышленных установках обратного осмоса?

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки работы. По материалам автореферата можно заключить, что диссертация Смирнова Александра Александровича на тему «Повышение эффективности установок обратного осмоса» демонстрирует комплексно проведенную, законченную диссертационную работу по выбранной актуальной тематике, обладает научной новизной, теоретической и практической значимостью и соответствует требованиям к кандидатским диссертациям, указанным в Положении о порядке присуждения учёных степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденным приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а ее автор, Смирнов Александр Александрович, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология.

6. Отзыв на автореферат кандидата химических наук, первого заместителя генерального директора - директора по производству АО «РМ Нанотех» Дзюбенко Вячеслава Геннадьевича. Отзыв положительный. По автореферату имеются следующие вопросы и замечания:

1. С.7. на рис.1 допущена ошибка в подписи к правому графику.
1. С.7-8. Математическое моделирование установок обратного осмоса зачастую разнится с практикой в части качества получаемого фильтрата, указанные цифры качества фильтрата в реальности скорее всего будут иными.
2. В чём преимущество предлагаемого способа удаления углекислоты перед декарбонизации при помощи мембранных контакторов? Известно, что мембранные контакторы позволяют снизить остаточное содержание углекислоты до уровня менее 0,1 мг/л.
3. Как предлагается определять линейную часть зависимости производительности тестовой мембраны от объёма фильтрата при определении значения обобщённого коллоидного индекса (ОКИ)?
4. С.16. словосочетание «технологической цепочки» следовало бы заменить на словосочетание «технологической системы».

Сделанные замечания носят не принципиальный характер и не снижают общей положительной оценки работы. По материалам автореферата можно заключить, что диссертация Смирнова Александра Александровича на тему «Повышение эффективности установок обратного осмоса» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой в разных аспектах изучено применение процесса обратного осмоса для

обессоливания воды. Работа обладает научной новизной, имеет теоретическую и практическую значимость и соответствует требованиям к кандидатским диссертациям, определённым Положением о порядке присуждения учёных степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденным приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а ее автор, Смирнов Александр Александрович, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология.

7. Отзыв на автореферат доктора технических наук по специальностям 03.02.08 Экология (технические науки) и 05.23.04 Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов, профессора, заместителя исполнительного директора РАВВ по технологической политике Самбурского Георгия Александровича. Отзыв положительный. По содержанию автореферата имеются следующие вопросы и замечания:

1. Почему в работе описан способ снижения количества концентрата мембранных элементов рулонного типа, а не иных конструкций?

2. Следует подчеркнуть, что ступенчатая регенерация катионитовых фильтров, указанная в главе 4, относится к фильтрам, для регенерации которых используется серная кислота.

3. С.15. При регенерации образца ионообменной смолы десорбировано большое количество ионов железа, что нехарактерно для состава пермеата установок обратного осмоса. Чем это можно объяснить?

4. Может ли представленный в главе 5 способ глубокого удаления из воды растворенной углекислоты применен к широко распространенным в промышленности пленочным декарбонизаторам в качестве первой ступени удаления углекислоты?

Следует отметить, что сделанные замечания не снижают общей положительной оценки работы. По материалам автореферата можно заключить, что диссертация Смирнова Александра Александровича на тему «Повышение эффективности установок обратного осмоса» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая обладает научной новизной, имеет теоретическую и практическую значимость и соответствует требованиям к кандидатским диссертациям, указанным в Положении о порядке присуждения учёных степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденным приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а ее автор, Смирнов Александр Александрович, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология.

На все замечания Смирновым Александром Александровичем даны полные и исчерпывающие ответы.

Выбор официальных оппонентов основывается на их компетентности в соответствующей отрасли науки, наличии у них публикаций по научной специальности и тематике защищаемой диссертационной работы. В качестве ведущей организации выбрана организация, широко известная своими достижениями в соответствующей отрасли науки и

способная определить научную и практическую ценности диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Сформулирована научно-техническая задача по повышению эффективности процесса обратного осмоса, заключающаяся в существенном уменьшении потока концентрата, повышении точности определения влияния коллоидной нагрузки в исходной воде, улучшению качества фильтрата при глубоком удалении углекислоты из воды в двухступенчатых обратноосмотических системах.

2. Предложен способ по уменьшению потока концентрата обратного осмоса и определены его возможности и границы его применимости.

3. Проведен математический анализ процесса фильтрации при определении влияния коллоидной нагрузки исходной воды.

4. Представлены способы повышения надежности оборудования, снижения операционных затрат и воздействия на окружающую среду при эксплуатации систем получения глубоко обессоленной воды на основе процесса обратного осмоса.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- разработан новый комплексный подход, позволяющий минимизировать поток концентрата в обратноосмотических установках при обработке вод с солесодержанием до 2-3 г/л, основанный на поддержании минимально необходимого потока воды над мембраной, оценке предельной степени концентрирования труднорастворимых веществ и оценке пригодности воды по коллоидной нагрузке математически обоснованным способом;

- разработана математическая модель методики определения коллоидного индекса, на основе которой введено понятие обобщенного коллоидного индекса.;

- установлена особенность процесса регенерации катионообменных фильтров, работающих на пермеате обратного осмоса, заключающаяся в необходимости проведения ступенчатой регенерации при использовании серной кислоты в качестве регенеранта.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- предложенный автором способ позволяет сократить поток концентрата установки обратного осмоса на 60%;

- показаны принципы определения максимальной степени концентрирования воды в установках обратного осмоса при солесодержании исходной воды не более 2-3 г/л;

- на основании полученных экспериментальных данных предложено повышение точности при определении коллоидного индекса за счет смещения начала отсчета на 50 с. после начала измерения по стандартной методике;

- предложенный новый показатель качества воды на основе объемно-весового метода – обобщенный коллоидный индекс – не зависит от качества анализируемой пробы в широком диапазоне коллоидной нагрузки;

- даны практические рекомендации по эксплуатации систем обессоливания на основе комбинации обратного осмоса и ионного обмена;

- предложена и обоснована схема двухступенчатого физического и химического в сочетании с обратным осмосом глубокого удаления углекислого газа из воды.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Достоверность результатов работы обеспечена высоким теоретическим и

экспериментальным уровнем исследований; воспроизводимостью результатов; системным подходом к анализу работ в области процессов и аппаратов химической технологии и мембранного разделения и применением современного высокоточного оборудования, а также традиционных методов и подходов к представлению и численной обработке экспериментальных данных. Результаты исследования нашли практическое внедрение в современных системах водоподготовки.

Личный вклад соискателя: заключается в непосредственном формулировании цели и задачи работы, выборе методов исследования, проведения анализа и обработке полученных результатов. Автор принимал непосредственное участие в проектировании и монтаже экспериментальной установки, проведении экспериментальной работы, статистической обработке полученных результатов и их интерпретации, формулировании выводов и положений и подготовке публикаций.

По своему содержанию диссертация отвечает паспорту научной специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология в части п. 3. «Разработка принципов функционирования мембран различного назначения (обратноосмотических, нано-, ультра-, микрофильтрационных, пермеационных, ионообменных, газоразделительных) при мембранном разделении компонентов жидких и газовых смесей, в том числе в мембранных контакторах и мембранном катализе»; п. 4. «Технологические схемы с применением мембранных процессов, их экономическое и экологическое обоснование»; п. 5. «Мембранные процессы очистки, извлечения (кондиционирования) жидких и газообразных энергоносителей из смесей их содержащих природного, биогенного и техногенного происхождения. Комбинированные и гибридные процессы мембранной технологии (сочетание мембранных процессов с другими процессами химической технологии: абсорбцией, адсорбцией, ректификацией, дистилляцией)»; п. 7. «Методы расчета и оптимизация режимов работы мембранных аппаратов и систем с целью улучшения конструкции аппаратов, мембранных модулей и повышения эффективности их работы. Изучение особенностей мембранных систем, таких как концентрационная поляризация, засорение и старение мембран, и методов борьбы с этими явлениями.».

По актуальности, новизне, теоретической и практической значимости диссертация соответствует требованиям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденным приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. №103ОД.

На заседании диссертационного совета РХТУ2.6.08 РХТУ им. Д.И. Менделеева 26 июня 2026 г., принято решение о присуждении учёной степени кандидата технических наук Смирнову Александру Александровичу.

Присутствовало на заседании 9 человек, в том числе докторов по научной специальности, отрасли науки рассматриваемой диссертации 8 человек, в том числе в режиме видеоконференции 4 человек.

При проведении голосования, члены диссертационного совета по вопросу присуждения учёной степени проголосовали:

Результаты тайного голосования:

«за» 5,

«против» нет

«воздержались» нет

Проголосовали 4 членов диссертационного совета, присутствовавшие на заседании в режиме видеоконференции

«за» 4,

«против» нет

«воздержались» нет

Итоги голосования:

«за» 9,

«против» нет

«воздержались» нет

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

«26» июня 2026 г.



д.т.н., профессор Каграманов Г.Г.

к.т.н. Атласкин А.А.