

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

РХТУ.2.6.08 РХТУ им. Д.И. Менделеева

по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № 12/25
решение диссертационного
совета от 30 июня 2025 г. № 10

О присуждении ученой степени кандидата технических наук Со Тхурейну, представившему диссертационную работу на тему «Реагентно-мембранное разделение многокомпонентных водных растворов» по научной специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология.

Принята к защите 26 мая 2025 г., протокол №8 диссертационным советом РХТУ.2.6.08 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 Со Тхурейн 1992 года рождения, гражданин Республики Союз Мьянма. В 2018 году окончил магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», диплом серия 107718 номер 0954261 от 29 июня 2018 года. В 2024 году окончил аспирантуру РХТУ справка номер 81 от 03 декабря 2024 г.

Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» (РХТУ им. Д.И. Менделеева) на кафедре мембранной технологии.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Свитцов Алексей Александрович, доцент кафедры мембранной технологии РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Официальные оппоненты:

Заведующий кафедрой «Водное хозяйство и технология воды», ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» доктор технических наук, профессор, Мигалатий Евгений Васильевич;

Доцент кафедры теоретических основ теплотехники им. Вукаловича, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», кандидат технических наук, Громов Сергей Львович;

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

Основные положения и выводы диссертационного исследования в полной мере изложены в 12 научных работах, опубликованных соискателем, в том числе 3 статьях в

изданиях, индексируемых в международных базах данных (Scopus, Chemical Abstracts и GeoRef), а также 2 статьи в прочих изданиях и 7 тезисов докладов и материалов международных и всероссийских конференций.

Наиболее значимые работы:

1. Со Тхурейн. Методическое обоснование и выбор технологии очистки артезианских вод Республики Союз Мьянма / Лин Маунг Маунг, Хтет Аунг, Со Тхурейн, Д. В. Парусов, Г. Г. Каграманов, Е. Н. Фарносова // Экология и промышленность России. – 2021. – Т. 25. – № 8. – С. 34-39. **(Scopus, GeoRef)**;

2. Со Тхурейн. Гибридная технология извлечения солей жесткости: Реагентномембранное разделение / А.А. Свитцов, Л. Е. Копылова, Лин Маунг Маунг, Со Тхурейн // Химическая промышленность сегодня. 2021, №2. С. 60–65. **(Chemical Abstracts)**;

3. Со Тхурейн. Мембранное разделение многокомпонентных водных растворов / А. А. Свитцов, Со Тхурейн, В. Д. Соболев, Лин Маунг Маунг // Водоснабжение и санитарная техника, 2024, № 3. С.41-46. **(Chemical Abstracts)**;

4. Со Тхурейн. Реагентно-мембранное разделение многокомпонентных водных растворов / А. А. Свитцов, Н. Н. Кисленко, Со Тхурейн, П. Е. Емельянов // Научный журнал российского газового общества. 2024. № 1(43). С.148-153. **(РИНЦ)**;

5. Со Тхурейн. Мембранно-реагентное умягчение воды / А.А. Свитцов, Зидан О.Д., Со Тхурейн // MODERN SCIENCE. 2020, №12–5. С.25-30. **(РИНЦ)**.

Все работы опубликованы в соавторстве. Личный вклад автора составляет от 50 до 90 % и заключается в непосредственном участии в планировании работ, проведении экспериментов, анализе, обсуждении и обобщении полученных результатов, подготовке работ к публикации.

Результаты диссертации представлены на 7 международных и всероссийских конференциях:

1. Со Тхурейн. Реагентно-мембранное разделение для умягчения воды / А. А. Свитцов, Н. Н. Кисленко, Со Тхурейн, П. Е. Емельянов // Международная НаучноПрактическая Конференция. Тезисы докладов г. Волжский. – 2021. – С.213-218.

2. Со Тхурейн. Очистка подземных вод от соединений железа и марганца методом ультрафильтрации / Хтет Аунг, Со Тхурейн, Лин Маунг Маунг, Г.Г. Каграманов // XXXVII Международная конференция молодых ученых по химии и химической технологии «МКХТ-2023». – 2023.– С. 14–17.

3. Со Тхурейн. Эффективность ультрафильтрации при очистке подземных вод Мьянмы от соединений железа и марганца / Хтет Аунг, Лин Маунг Маунг, Со Тхурейн, Г.Г. Каграманов // Материалы XX Международной научно-практической конференции, Уфа, «Наука, образование, производство для противодействия техногенным угрозам и решения экологических проблем (Техносферная безопасность-2023)». – 2023. – С. 410- 414.

4. Со Тхурейн. Умягчение воды реагентно – мембранным методом / Со Тхурейн, Хтет Аунг, Лин Маунг Маунг, А.А. Свитцов // Материалы XX Международной научнопрактической конференции, Уфа, «Наука, образование, производство для

противодействия техногенным угрозам и решения экологических проблем (Техносферная безопасность-2023)». – 2023. – С. 397-400.

5. Со Тхурейн. Влияние технологических параметров на эффективность разделения ультрафильтрационной мембраны при удалении железа и марганца / Хтет Аунг, Со Тхурейн, Лин Маунг Маунг, Г.Г. Каграманов // Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, Севастополь «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2023». – 2023. – С. 259–262.

6. Со Тхурейн. Удаление солей жесткости воды методом реагентно-мембранного умягчения / Со Тхурейн, Хтет Аунг, Лин Маунг Маунг, А.А. Свитцов // Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, Севастополь «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2023». – 2023. – С. 229–232.

7. Со Тхурейн. Умягчение воды реагентно-мембранным методом / А.А. Свитцов, Со Тхурейн // Сборник материалов XII международного водно-химического форума «XII международный водно-химический форум». г. Минск. – 2024. – С. 43–46

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Отзыв официального оппонента – заведующего кафедрой «Водное хозяйство и технология воды», ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» доктора технических наук, профессора, Мигалатия Евгения Васильевича. В отзыве отражена актуальность темы диссертации, научная новизна, практическая значимость, достоверность полученных результатов и выводов. Отзыв положительный. Имеются следующие замечания и вопросы по диссертации:

1. Недостаточно раскрыт вопрос автоматизации и управления дозированием реагентов.

2. Не рассмотрено влияние органических загрязнителей на эффективность предложенной технологии.

3. Описания устойчивости установки при длительной эксплуатации требуют уточнения.

4. В выработанных рекомендациях по снижению осадкообразования на мембранах было предложено увеличение заряда образующихся коллоидных частиц. Однако, при ИК облучении заряд снижается. Почему ИК облучение все же рекомендуется для обработки суспензий при мембранном разделении?

5. Какое рабочее давление и соотношение фильтрат-концентрат вы рекомендуете использовать на рассматриваемых керамических мембранах при разделении коллоидных систем и чем это обосновано?

6. Какие преимущества мембранный метод разделения имеет перед гравитационным?

Указанные замечания не снижают общего положительного впечатления от работы.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы:

Диссертационная работа Со Тхурейн «Реагентно-мембранное разделение многокомпонентных водных растворов» представляет собой завершённое научное исследование, выполненное на высоком теоретическом и экспериментальном уровне.

Работа отличается актуальностью, научной новизной, практической значимостью и достоверностью полученных результатов. Диссертация отвечает требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней, действующего в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утверждённого приказом и.о. ректора от 14.09.2023 г. № 103 ОД. На основании вышеизложенного, автор работы Со Тхурейн заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15 - Мембраны и мембранная технология.

2. Отзыв официального оппонента – доцента кафедры теоретических основ теплотехники им. Вукаловича, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», кандидата технических наук, Громова Сергея Львовича. В отзыве отражена актуальность темы диссертации, научная новизна, практическая значимость, достоверность полученных результатов и выводов. Отзыв положительный.

Замечания:

- использование непринятой в научно-технической литературе терминологии: «fouling» - для обозначения осадкообразования на микрофильтрационной мембране в условиях фильтрования высокодисперсных суспензий; «ассоциаты и частицы», «коллоидные наночастицы» для обозначения твердофазных структур, формируемых в процессе кристаллизации; «безхимические методы» - при рассмотрении технологий, позволяющих минимизировать потребление реагентов;

- схематичность в описании аналитических и экспериментальных методик: отсутствуют пояснения относительно калибровки прибора в методе DLS (что может увеличить ошибку измерения размера и заряда частиц) и применения метода лазерно-доплеровской анемометрии при работе с частицами субмикронных размеров; не пояснен метод турбулизации смеси в экспериментальной установке; отсутствует аргументация целесообразности выбора кубической формы инертных тел для сушилки с виброкипящим слоем; не обоснована продолжительность выдержки смеси на стадии зародышеобразования; не выглядят безупречными доводы в пользу предполагаемого разрушения кристаллических структур механическим воздействием циркуляционного насоса;

- в литературном обзоре имеются недостаточно обоснованные (а в ряде случаев - даже ошибочные) утверждения: при описании ионообменного метода умягчения - оценки качества умягченной воды, рабочей обменной емкости ионитов, рисков образования гидроксида кальция, размеров капитальных затрат и сложности эксплуатации; при описании нанофильтрации не указаны ограничения селективности по катионам, не отмечено влияние молекулярного веса вещества на задерживающую способность мембран; не отмечено влияние содержания взвесей и характеристик присутствующих в них частиц на удельную производительность микрофильтрационных мембран;

- предложенная автором модель процесса кристаллизации отличается от классических гипотез: не учтена электронейтральность растворов электролитов; сомнительно утверждение об агрегации зародышей; спорны предположения о росте кристаллов за счет нейтральных молекул, а не ионов; не обосновано включение явления коагуляции в процесс кристаллизации; бездоказательно утверждение о встраивании

избыточных ионов в растущий кристалл с формированием потенциалообразующих центров.

Перечисленные выше недостатки носят частный характер, не затрагивают экспериментальную часть и несколько не влияют на общую положительную оценку рассматриваемой диссертации, представляющей завершённое исследование, на основании которого диссертантом сделаны выводы, не вызывающие сомнений.

Диссертационная работа Со Тхурейн на тему «Реагентно-мембранное разделение многокомпонентных водных растворов», 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)», 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».

Диссертация Со Тхурейн отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химикотехнологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а диссертант заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

3. Отзыв ведущей организации – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». В отзыве отражены актуальность работы, анализ содержания диссертационной работы, практическая значимость, достоверность и обоснованность результатов. Отзыв положительный.

Замечания и вопросы по диссертационной работе:

1. В диссертации отсутствуют данные о долговечности мембран в рабочих условиях (стр.: 41-42, 128). Упоминается проблема загрязнения (стр. 41) и методы регенерации (стр. 128), но нет результатов длительных испытаний мембран при разделении водно-метанольных растворов. Критично знать, как часто требуется замена мембран и как их характеристики меняются со временем.

2. В диссертации предлагается утилизировать концентрат фосфатов кальция и магния в качестве минерального удобрения (стр. 129). Однако отсутствует экономический анализ себестоимости переработки, логистики, а так же сравнения с рыночной стоимостью аналогичных удобрений. Не рассмотрены альтернативные методы утилизации, например, захоронение, возврат в производственный цикл (если возможно), или переработка в другие продукты (строительные материалы, сорбенты). Не учтены экологические риски - если концентрат содержит остатки метанола, его использование в сельском хозяйстве может быть ограничено.

3. В разделе, посвященном мембранному разделению, отсутствует комплексный анализ влияния кислотно-основных характеристик среды на эффективность процесса. Хотя в работе отмечается зависимость растворимости фосфатов от pH (стр. 94-96), не проведено систематическое исследование, охватывающее весь технологически значимый диапазон кислотности – от сильнокислых до сильнощелочных условий. Особого внимания заслуживает вопрос изменения селективности мембран при различных значениях pH, поскольку этот параметр напрямую связан с зарядом поверхности как частиц фосфатов, так и самих керамических мембран.

4. В разделе, посвященном исследованию температурного фактора (стр. 97-99, 105-106), влияние температуры на процесс мембранного разделения раскрыто недостаточно полно. Хотя приведены данные о повышении производительности мембран при росте температуры от 25 до 40°C, отсутствуют границы температурного интервала для предлагаемой технологии. В работе не указано, при каких минимальных температурах процесс сохраняет эффективность, что особенно актуально для северных месторождений, где температура подтоварной воды может опускаться ниже 10°C. Также не исследовано поведение системы при повышенных температурах (выше 60°C), которые могут возникать при регенерации метанола или в процессе предварительного подогрева растворов.

Представленные выше замечания не являются принципиальными и не влияют на общую положительную оценку работы.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы:

Диссертационная работа Со Тхурейн на тему «Реагентно-мембранное разделение многокомпонентных водных растворов» выполнена на высоком научном уровне, обладает четко сформулированной целью и задачами, содержит обоснованные выводы и практические рекомендации. Представленные материалы свидетельствуют о достаточном понимании автором исследуемой проблемы и его высоком профессиональном уровне. Исследование вносит значительный вклад в развитие мембранных технологий, в том числе их комбинированного применения с реагентными методами.

По тематике, методам исследования и полученным результатам диссертационная работа Со Тхурейн на тему «Реагентно-мембранное разделение многокомпонентных водных растворов» соответствует паспорту научной специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология (пункты 3, 5, 6 и 7).

Представленная диссертационная работа 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 ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология.

Диссертация, автореферат и отзыв были рассмотрены и одобрены на заседании кафедры «Процессы и аппараты химической технологии» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (ФГБОУ ВО «КНИТУ») (протокол № 09 от 03.06.2025 г.).

4. Отзыв на автореферат главного научного сотрудника ИОНХ РАН, доктора химических наук, Фомичева Сергея Викторовича. Отзыв положительный. По автореферату имеются некоторые замечания и вопросы:

- на рис.2 схематично представлен механизм образования суспензии, но непонятно - это гипотеза или есть подтверждения этих представлений;

- автор представил убедительное объяснение эффекта воздействия ИК-облучения на исследуемый процесс, однако не упомянул, что ИК-излучение может локально увеличивать температуру твердой поверхности и, соответственно, тем самым локально понижать вязкость слоя жидкой фазы как у поверхности частиц, так и около мембраны, что, следовало бы учитывать;

- стр.7 «...ионы кальция и магния превращаются в молекулы соответствующих малорастворимых солей» - неудачная формулировка;

- стр.19 странная формулировка в п.4 заключения: «Показана возможность предоставления блокирования мембран в процессе концентрирования солей жесткости за счет ИК - облучения на стадии химической модификации целевых компонентов»!?

- стр. 19 еще более странная формулировка в п.5 заключения. «Показана возможность кондиционирования концентратов модифицированных солей жесткости для их использования в качестве химических уравнений»!?

Вероятно, что последние два замечания связаны со сложностью русского языка.

Сделанные замечания не снижают научной ценности и практической значимости представленной работы.

Представленная к защите диссертационная работа Со Тхуреин отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химикотехнологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а автор заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15 - Мембраны и мембранные технологии.

5. Отзыв на автореферат доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Водоснабжение и водоотведение» НИУ «МГСУ», Первова Алексея Германовича. Отзыв положительный. По автореферату имеются некоторые замечания и вопросы:

1. В работе было бы полезно изучить, как влияют на эффективность работы мембран такие параметры, как температура, рабочее давление, химический состав воды.

2. В работе используются реагенты для осаждения солей жесткости. Следовало бы провести сравнительный анализ эффективности применения различных реагентов с целью снижения эксплуатационных затрат.

3. В работе проведено изучение механизмов загрязнения мембран путем численного моделирования. На наш взгляд, автору следовало бы более подробно представить результаты разработки модели загрязнения мембран и наметить пути решения проблемы осадкообразования.

4. В работе важно было бы определить остаточные концентрации реагентов в очищенной воде и дать гигиеническую оценку разработанному методу.

Судя по объему материала, представленного в автореферате, следует признать, что диссертант добросовестно выполнил большую экспериментальную работу, и успешно справился с поставленными ему задачами. Высказанные замечания в большей мере относятся к выбору тематики и с известными сложностями, связанными с практическим применением реагентных методов в практике очистки воды. Считаю, что по актуальности, научной новизне и практической значимости работа «Реагентно-мембранное разделение многокомпонентных водных растворов» заслуживает положительной оценки, а ее автор - Со Тхурейн — присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15 - Мембраны и мембранные технологии.

6. Отзыв на автореферат доктора химических наук, доцента, профессора кафедры промышленной экологии ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина», Гречищевой Натальи Юрьевны. Отзыв положительный. По автореферату имеются некоторые замечания и вопросы:

1. Необходимость расширения сравнительного анализа предложенной технологии с альтернативными методами очистки воды. В работе приведены обоснования преимуществ реагентно-мембранного разделения, однако более детальный анализ эффективности метода в сравнении с другими мембранными и реагентными технологиями позволит дополнительно подтвердить его конкурентные преимущества.

2. Исследование влияния внешних факторов на процесс очистки. В диссертации основное внимание уделено взаимодействию реагентов с ионами жесткости, но влияние таких параметров, как турбулентность потока, динамические изменения температуры и давления, а также возможные вариации химического состава воды, требуют более детального изучения.

3. Определение пределов применимости метода. Представленный подход демонстрирует высокую эффективность для умягчения воды с определенными параметрами. Однако исследование влияния состава исходной воды, например, при наличии органических загрязнителей или иных солевых примесей, позволит дать более полные рекомендации по его применению.

Высказанные замечания не умаляют общей положительной оценки работы Со Тхурейна. Диссертация полностью соответствует критериям, установленным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, включая пункты 9-11, 13 и 14, необходимым для получения ученой степени, а сам соискатель Со Тхурейн заслуживает присуждения ученой степени кандидата наук по специальности 2.6.15 — «Мембраны и мембранные технологии» (отрасль науки - технические)

7. Отзыв на автореферат кандидата технических наук, генерального директора ООО «БМТ», Поворова Александра Александровича. Отзыв положительный. Несмотря на высокое качество выполненного исследования, представляется целесообразным дополнительно рассмотреть:

1. Экономическую оценку предложенной технологии в сравнении с традиционными методами умягчения воды.

2. Влияние различных типов мембран на эффективность процесса реагентно-мембранного разделения.

3. Возможности масштабирования технологии для объектов с различной минерализацией исходной воды.

Следует отметить, что содержание автореферата полностью соответствует паспорту специальности 2.6.15 – мембраны и мембранные технологии, поскольку изложенные в работе подходы направлены на совершенствование мембранных процессов с применением реагентных методов, разработку мембранных контактных аппаратов и исследование механизмов взаимодействия компонентов многокомпонентных растворов с мембранными системами.

Автореферат диссертации Со Тхурейна соответствует требованиям, предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата технических наук. Исследование отличается актуальностью, научной новизной и практической значимостью. Считаю, что его автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

На все замечания Со Тхурейном 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:

Сформулированы научно-технические задачи по разработке основ и принципов практического применения технологии реагентно-мембранного разделения многокомпонентных растворов. В результате их выполнения получены следующие научно-технические результаты:

1. Определены оптимальные параметры химического взаимодействия выбранного реагента — растворимых фосфатов — с солями жёсткости в водно-метанольном растворе: доза реагента, порядок введения реагента, влияние ИК-облучения на размер и заряд образующихся частиц твёрдой фазы, температура среды.

2. Разработана и изготовлена экспериментальная установка для выделения солей жёсткости из ВМР; выбраны наилучшие мембраны: керамическая основа, размер пор — не более 0,8 мкм, трубчатая форма.

3. Определены оптимальные параметры разделения модифицированного ВМР: давление — не выше 3 бар, скорость прокачивания — 3 м/с, степень концентрирования — 8,6; минимальная мощность ИК-облучения — 20 Вт/л.

4. Предложен и испытан вариант утилизации концентрата солей жёсткости в качестве простого фосфорного удобрения.

5. Достигнута необходимая для последующего выделения метанола степень умягчения ВМР и разработана технологическая схема.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

1. Впервые показана возможность умягчения водноспиртовых растворов методом реагентно-мембранного разделения.

2. Достигнут высокий заданный уровень умягчения в условиях стехиометрического количества добавляемого реагента.

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

1. Определены условия глубокого концентрирования золь солей жесткости на пористых мембранах без образования поляризационного слоя осадка на мембране.

2. Продемонстрирована возможность утилизации высушенного концентрата солей жесткости в качестве минерального удобрения.

3. По результатам исследования разработано предпроектное решение по умягчению ВМР газодобычи в виде автономной мобильной установки. Разработанная технологическая схема установки с расчетом материального баланса направлена для рассмотрения в ООО "Газпром-проектирование".

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием стандартных, апробированных в лабораторных и промышленных условиях методик исследования, современных методов анализа и обработки полученных результатов.

Личный вклад соискателя:

Личный вклад автора состоит в проведении экспериментальных исследований по разработке основ и принципов практического применения технологии реагентно-мембранного разделения многокомпонентных растворов, разработке технологического решения для проведения процесса. Автор принимал активное участие в подготовке публикаций по теме диссертационной работы.

По своему содержанию диссертация отвечает паспорту научной специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология в части 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.

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 РХТУ.2.6.08 РХТУ им. Д.И. Менделеева 30 июня 2025 г., принято решение о присуждении ученой степени кандидата технических наук Со Тхурейну.

Присутствовало на заседании 8 человек, в том числе докторов наук по научной специальности, отрасли науки рассматриваемой диссертации 7 человек, в том числе в режиме видеоконференции 3 человек.

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

Результаты тайного голосования:

«за» 5,
«против» нет,
«воздержались» нет.

Проголосовали 3 членов диссертационного совета, присутствовавшие на заседании в режиме видеоконференции:

«за» 3,
«против» нет,
«воздержались» нет.

Итоги голосования:

**«за» 8,
«против» нет,
«воздержались» нет.**

Председатель
диссертационного совета



Профессор Каграманов Г.Г.

Ученый секретарь диссертационного совета

к.т.н. Атласкин А.А.

«30» июня 2025 г.