

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

РХТУ.2.6.08 РХТУ им. Д.И. Менделеева

по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № 13/25

решение диссертационного

совета от 30 июня 2025 г. № 11

О присуждении ученой степени кандидата технических наук Хтет Аунгу, представившему диссертационную работу на тему «Разработка технологии получения воды питьевого качества из подземных источников Мьянмы» по научной специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология.

Принята к защите 26 мая 2025 г., протокол №9 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 Хтет Аунг 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 0954263 от 29 июня 2018 года. В 2024 году окончил аспирантуру РХТУ справка номер 82 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 – доктор технических наук, профессор Каграманов Георгий Гайкович, заведующий кафедрой мембранной технологии РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Официальные оппоненты:

Заведующая лабораторией мембранных процессов, ГНУ «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси», доктор химических наук, доцент Плиско Татьяна Викторовна;

Доцент кафедры «Пищевая инженерия аграрного производства», ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет», кандидат технических наук, доцент Тимкин Виктор Андреевич

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 4 статьях в изданиях, индексируемых в международных базах данных (Scopus, Web of Science, GeoRef, Chemical Abstracts Service), 8 тезисах и материалах международных и всероссийских конференций.

Наиболее значимые работы:

1. Хтет Аунг. 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. Хтет Аунг. Мембранные методы очистки артезианской воды с высоким содержанием железа и марганца / Лин Маунг Маунг, Г.Г. Каграманов, Хтет Аунг // Экология и промышленность России. – 2023. – Т.27. - № 12. –С. 11-14. (**Scopus, GeoRef**)

3. Хтет Аунг. Гибридная система очистки подземных вод от соединений железа и марганца методами ультрафильтрации и обратного осмоса / Лин Маунг Маунг, Хтет Аунг, Г.Г. Каграманов // Химическая промышленность сегодня. – 2025. – № 1. – С. 63–68. (**Chemical Abstracts**)

4. Хтет Аунг. Техничко-экономический анализ для проектирования установки очистки подземной воды с высоким содержанием железа и марганца / Лин Маунг Маунг, Хтет Аунг, Г.Г. Каграманов // Химическая промышленность сегодня. – 2025. – № 1. – С. 69–72. (**Chemical Abstracts**)

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 8 международных и всероссийских конференциях:

1. Хтет Аунг. Очистка природной воды от соединений железа баромембранными методами / Хтет Аунг, Лин Маунг Маунг, Г.Г. Каграманов // Успехи в химии и химической технологии. – 2022. – Том XXXVI. - № 10. – С. 58-59.

2. Хтет Аунг. Очистка подземных вод от соединений железа и марганца методом ультрафильтрации / Хтет Аунг, Со Тхурейн, Лин Маунг Маунг, Г.Г. Каграманов // Успехи в химии и химической технологии. – 2023. – Том XXXVII. - № 11. – С. 14-17.

3. Хтет Аунг. 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». – 2023. – С. 410-414.

4. Хтет Аунг. Умягчение воды реагентно – мембранным методом / Со Тхурейн, Хтет Аунг, Лин Маунг Маунг, А.А. Свитцов // Материалы XX Международной научно-практической конференции Уфа «Наука, образование, производство для противодействия техногенным угрозам и решения экологических проблем». – 2023. – С. 397-400.

5. Хтет Аунг. 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. Хтет Аунг. Удаление солей жесткости воды методом реагентно-мембранного умягчения / Со Тхуреин, 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. Хтет Аунг. Разработка мембранной технологии очистки артезианских вод от соединений железа и марганца / Хтет Аунг, Лин Маунг Маунг, Со Тхуреин, Г.Г. Каграманов // Сборник материалов XII Международного водно-химического форума, Минск, Республика Беларусь. – 2024. – С. 179-183.

8. Htet Aung. Effectiveness of Ultrafiltration (UF) and Reverse Osmosis (RO) in the Purification of Groundwater with a High Content of Iron and Manganese / Lin Maung Maung, G. G. Kagramanov, Htet Aung // Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Proceedings of the 2nd International Conference on Ecology and Environmental Engineering (RusEcoCon-2024). – 2024. – P. 279-287.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Отзыв официального оппонента – заведующей лабораторией мембранных процессов, ГНУ «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси», доктора химических наук, доцента Плиско Татьяны Викторовны. 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. В диссертационной работе встречаются не очень удачные выражения с лексической точки зрения, например, «ригидность крупных молекул» (с. 42), «инерционный удар» (с. 42), «Бикарбонат магния, присутствующий в воде, вызывает процесс осаждения только после длительного кипячения» (с. 28), «отторжение ионов» (с. 97).

2. На графике на рисунке 1.4 (с. 39-40) отсутствуют подписи оси ординат.

3. В литературном обзоре встречается неточная классификация, например, на с. 43 указано: «Наночислительные мембраны изготавливаются в виде плоских, спиральных, трубчатых и полых волокон», что неверно, так как определение «спиральный» относится к мембранным элементам, а не к мембранам.

4. В диссертационной работе не указана эффективная площадь фильтрации используемого ультрафильтрационного модуля (производитель ООО «Текон МТ», г. Москва, Россия); концентрации окислителей (гипохлорита натрия и перманганата калия), которые использовались для окисления ионов Fe^{2+} и Mn^{2+} в экспериментах по предварительной окислительной обработке воды; метод определения концентрации анионов (сульфата и хлорида) (таблица 3.6).

5. Обсуждение зависимости селективности обратноосмотического мембранного элемента по ионам натрия от температуры на с. 101 не согласуется с данными, представленными на рисунке 3.12.

Данные замечания не носят принципиального характера и не снижают научной и практической значимости проведённого исследования.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы:

Тематика диссертационной работы Хтет Аунг «Разработка технологии получения воды питьевого качества из подземных источников Мьянмы», применённые методы исследования, а также полученные результаты соответствуют паспорту научной специальности 2.6.15 - Мембраны и мембранная технология. Структура и содержание автореферата отражают основные положения диссертационного исследования. Диссертационная работа соответствует требованиям, установленным 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 имени Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103ОД. Соискатель Хтет Аунг заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15 - Мембраны и мембранная технология. Диссертационная работа Хтет Аунг соответствует паспорту научной специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология в п. 2. Теория мембранных процессов, механизмы переноса компонентов через мембраны различной природы. Кинетика мембранного транспорта, 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) и 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.

2. Отзыв официального оппонента – доцента кафедры «Пищевая инженерия аграрного производства», ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет», кандидата технических наук, доцента Тимкин Виктор Андреевич. В отзыве отражена актуальность темы диссертации, научная новизна, практическая значимость, достоверность полученных результатов и выводов. Отзыв положительный.

Замечания:

1. Аспирант отмечает как научную новизну своей работы, разработанную стадию предподготовки воды перед обратным осмосом. Считаю, что это практическая значимость работы, а не научная новизна.

2. В работе сказано, что после каждые 30 минут фильтрации выполнялась обратная промывка. Во-первых, это не фильтрация, а УФ разделение. Во-вторых, что значит обратная промывка? Обратный ток через мембрану?

3. Показано, что в работе разработана методика расчета баромембранных установок с использованием полуволоконных мембран для ультрафильтрации и рулонных мембранных элементов для обратного осмоса. Однако такой методики я не нашел.

Эти замечания имеют рекомендательный характер и не снижают научной и практической значимости проведённого исследования.

Диссертационная работа Хтет Аунга на тему «Разработка технологии получения воды питьевого качества из подземных источников Мьянмы» представляет собой завершённое научно-квалификационное исследование, в котором решена важная прикладная задача в области мембранной технологии водоподготовки. Работа выполнена в рамках научной специальности 2.6.15 - Мембраны и мембранная технология, что подтверждается как содержанием диссертации, так и характером применённых методов и полученных результатов. Диссертационная работа Хтет Аунг отвечает требованиям Положения б 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. Соискатель Хтет Аунг заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15 Мембраны и мембранная технология.

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 тексте диссертации обнаружены несоответствия требованиям научнотехнического стиля и правилам оформления. - наличие орфографических ошибок (например, стр. 5 - «фитральвание», - стр. 11 «содеджания», стр 19 - «нанafilтрации» и далее по тексту); использование некорректной и субъективной терминологии, не соответствующей техническому стилю (на стр. 11 - выражение «неадекватная санитария», которое следует заменить на «несоответствие санитарным нормам» или «неудовлетворительное санитарное состояние»; на странице 27 - некорректная формулировка «до разумного уровня», следует заменить «до нормативных значений» на стр. 100 - нестрогая формулировка «интересные закономерности», требующая замены на «статистически значимые закономерности» или «выявленные зависимости»); - нарушение единообразия оформления — применение трёх разных типов кавычек на стр. 7 и 21 («...», “...” и "...")

2. В диссертации на стр. 28, утверждается, что метод магнитного и электромагнитного умягчения воды предотвращает образование накипи за счет структурных изменений воды. Это утверждение требует научной оценки, поскольку: (1) эффективность магнитной обработки воды остается спорной в научном сообществе, с указанием на нестабильность результатов в зависимости от условий; (2) механизм воздействия на ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} не имеет однозначного объяснения; (3) отсутствуют

ссылки на экспериментальные данные или теоретические модели, подтверждающие описываемый эффект.

3. В тексте диссертации наблюдается некорректное использование терминов «фильтрование» и «фильтрация». Фильтрование это процесс разделения неоднородных систем (суспензий, аэрозолей) с помощью пористой перегородки (фильтра). Фильтрация это режим движения сплошной фазы газа или жидкости через зернистый слой.

4. На странице 55 представленное описание работы установки к рисунку 2.1 является неполным и недостаточно информативным.

5. В 4 главе диссертации при анализе стоимости реагентов автор ограничивается рассмотрением российских поставщиков, не учитывая ключевой аспект практической реализации технологии — локальные условия Республики Союза Мьянмы.

6. Автором в 4 главе не приведено экономическое сравнение показателей водоподготовки с другими часто используемыми методами (адсорбция, ионообмен и т.п.)

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности работы.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы:

По тематике, методам исследования и полученным результатам диссертационная работа Хтет Аунга на тему «Разработка технологии получения воды питьевого качества из подземных источников Мьянмы» полностью соответствует паспорту специальности 2.6.15 - Мембраны и мембранная технология. Автореферат отражает структуру и содержание диссертации. Диссертация Хтет Аунг 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., а ее автор заслуживает присуждения ему 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 № 9 от 2025 г.).

4. Отзыв на автореферат ведущего научного сотрудника лаборатории адсорбентов и адсорбционных процессов ИОНХ НАН Беларуси, член-корр. НАН Беларуси, доктора химических наук, профессора Иванец Андрея Ивановича. Отзыв положительный. По автореферату имеются некоторые замечания и вопросы:

1. Требуется пояснения данные таблицы 3.1 в части содержания ионов натрия до и после предподготовки, так как на стр.б автореферата приводятся данные об использовании KMnO_4 и NaClO в качестве химических реагентов при окислительной обработке модельных растворов.

2. Соискателем абсолютно верно указывается (стр. 10 автореферата), что основная проблема очистки подземных вод заключается в том, что реальная вода содержит смесь компонентов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ и т.д.). Вместе с тем, известно, что важной проблемой помимо присутствия сопутствующих катионов металлов при удалении ионов марганца и

железа является повышенное содержание гуминовых и фульвокислот в подземных водах, которые образуют прочные комплексы с данными катионами металлов, что существенно снижает эффективность окислительной обработки воды. К сожалению, в автореферате об этом даже не упоминается, возможно, данные результаты исследования содержатся в диссертационной работе.

3. Полнота оценки эффективности предложенной мембранной технологии очистки модельных растворов подземных вод от ионов железа и марганца может быть улучшена с учетом сравнительных исследований промышленно внедренных методов аэрации с последующей фильтрацией на гранульных каталитически активных загрузках (Pyrolox, Birm, МЖФ и др.). Данная технология не требует использования химических реагентов как на стадии предварительной подготовки воды, так и для последующей химической мойки мембранных элементов.

4. Результаты экспериментальных исследований следует приводить с указанием погрешности, что позволит повысить уровень их интерпретации с учетом воспроизводимости и достоверности полученных данных.

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности результатов диссертационной работы Хтет Аунг и носят уточняющий или рекомендательный характер.

Диссертация Хтет Аунг на тему «Разработка технологии получения воды питьевого качества из подземных источников Мьянмы» представляет собой законченную научно-исследовательскую работу и содержит новые научные результаты и положения, удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», а соискатель Хтет Аунг, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15 - «Мембраны и мембранная технология».

5. Отзыв на автореферат кандидата экономических наук, заместителя директора, доцента кафедры экологической и промышленной безопасности РТУ-МИРЭА Эпштейна Александра Дмитриевича. Отзыв положительный. По автореферату имеются некоторые замечания и вопросы:

1. В автореферате не представлены данные по исходной воде, на которую проектируется установка. Есть только данные по модельным растворам.

2. На рисунке 4.1 не представлены данные об утилизации промывных вод водоподготовки. Соответственно, данных по утилизации таких промывных вод установки нет в технико-экономическом расчете таблице 4.2.

3. Доля пермеата 80% по ОО может быть в реальных условиях эксплуатации ниже.

Высказанные замечания не снижают научной ценности и значимости представленной работы.

Диссертационная работа Хтет Аунг 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. Автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15 - Мембраны и мембранные технологии.

6. Отзыв на автореферат кандидата химических наук, старшего научного сотрудника ООО «ТЕКОН-Мембранные технологии» Котюковой Анна Лукиничны. Отзыв положительный. По автореферату имеются некоторые замечания и вопросы:

1. Отсутствуют данные о влиянии коллоидных или взвешенных веществ на устойчивость мембран и необходимость предварительного осветления воды.

2. В экономической части диссертационной работы рекомендуется дополнительно рассмотреть сравнительный анализ с другими методами водоочистки (например, коагуляцией, ионным обменом), что позволило бы более наглядно обосновать выбор именно мембранных технологий для условий Мьянмы.

Представленные замечания не снижают значимости выполненной работы и не влияют на её положительную оценку.

Представленная работа соответствует требованиям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утверждённым приказом ректора №103ОД от 14 сентября 2023 г., а её автор – Хтет Аунг- заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15 – Мембраны и мембранные технологии.

7. Отзыв на автореферат директора по развитию ООО «ГИДРОТЕХ», кандидата технических наук Старикова Евгений Николаевича. Отзыв положительный. Отзыв положительный. По автореферату имеются некоторые замечания и вопросы:

1. В автореферате недостаточно подробно описано, каким образом определяется качество пермеата после стадии обратного осмоса, особенно в части микробиологических показателей.

2. Целесообразно рассмотреть возможность интеграции системы дистанционного мониторинга ключевых параметров водоочистки (давление, солесодержание, остаточный хлор), что может повысить надёжность эксплуатации установки в удалённых населённых пунктах с ограниченным техническим персоналом.

Указанные замечания не снижают значимости и научной ценности выполненной работы. По своему содержанию диссертация соответствует паспорту специальности 2.6.15 – Мембраны и мембранные технологии.

Содержание автореферата диссертационной работы Хтет Аунг в полной мере отражает результаты, изложенные в диссертации, и 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. № 103ОД. Автор диссертационной работы, Хтет Аунг, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15 - Мембраны и мембранные технологии.

8. Отзыв на автореферат профессора кафедры «Водоснабжение и водоотведение», НИУ «МГСУ» д.т.н., профессора Первова Алексея Германовича. Отзыв положительный. По автореферату имеются некоторые замечания и вопросы:

1. С чем связан выбор реагентных методов для удаления из воды железа и марганца? Ведь преимущество применения мембран заключается в отсутствии реагентов.

2. На рис. 3.1. автореферата представлены результаты исследований, позволивших определить селективность ультрафильтрационных мембран в зависимости от величины прилагаемого давления. Исследования проведены на модельных растворах хлорида железа и сульфата марганца. Ничего не говорится о реагентах, использованных для окисления железа и марганца и режиме окисления. Следует также уточнить дозы реагентов перманганата калия и гипохлорита натрия. Очень удивляет вывод автора по результатам этого исследования: «Селективность мембран по ионам железа и марганца растет обратно пропорционально их концентрации в растворе». Однако, глядя на построенные диссертантом графики, напрашивается другой вывод: селективность по железу, то есть эффективность удаления железа, растет с ростом осадка коллоидного железа на поверхности ультрафильтра: чем больше была концентрация железа в воде, тем больше осадка на фильтре. При этом, чем выше рабочего давления, тем плотнее осадок и тем выше эффективность очистки. 3. На рис. 3.4 показан график работы ультрафильтрационной мембраны, так называемая «пила». Вызывает вопрос вид графика: судя по рисунку, обратные промывки проводились при снижении удельной производительности мембраны на 3-5%. С чем тогда связано такое быстрое снижение удельной производительности мембраны после проведения 10 циклов фильтрования, т.е. через 5 часов работы?

3. В таблицах 3.1 и 3.4 представлены составы исследуемых подземных вод. Как видно из таблицы, кальциевая жесткость подземной воды составляет 13-35 мг-экв/л. Это очень высокое значение. Вопрос: почему автор диссертации, ставящей целью разработку технологий очистки подземных вод, оставил без внимания такой важный вопрос, как предотвращение образования на мембранах обратного осмоса кристаллических отложений карбоната кальция и дозирование в исходную воду ингибиторов?

Несмотря на высказанные замечания, следует признать, что автор диссертации добросовестно провел большую экспериментальную работу и отлично справился с поставленными перед ним задачами изучения характеристик ультрафильтрационных и обратноосмотических мембран при разделении многокомпонентных растворов, а также по окислению железа и марганца, содержащихся в многокомпонентных растворах. Высказанные замечания в большей мере относятся к известным сложностям, связанным с реагентной обработкой воды, и не снижают ценности проведенной работы и хорошего общего впечатления от результатов экспериментов. По актуальности, научной новизне и практической значимости диссертационная работа Хтета Аунга «Разработка технологии получения воды питьевого качества из подземных источников Мьянмы» 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 работы — Хтет Аунг- заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15 - Мембраны и мембранные технологии.

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

1. Две поставленные в работе задачи (следующие по порядку 2-ая и 3-я) практически перекрывают друг друга и могут быть объединены в одну;

2. В работе среди прочих поставлена задача очистка воды от Mn , в этой связи, целесообразно ли вводить дополнительное количество Mn в виде $KMnO_4$ в качестве окислителя?

3. На стр. 7 сказано, что «Результаты анализа водных растворов $FeCl_2$ и $MnSO_4$ указывают на прямую зависимость между повышением давления и увеличением селективности для всех тестируемых концентрациях железа», однако рис. 3.1 это не подтверждает;

4. Стр. 10, требуется пояснение к утверждению «Когда присутствуют ионы двух типов, взаимодействие ионной конкуренции и электростатических взаимодействий на поверхности мембраны создает более плотный и селективный слой, который ограничивает проникновение ионов и повышает эффективность разделения»;

5. Стр. 12, при оценке влияния осмотического давления на производительность ОО мембран в разбавленных растворах электролитов (мг/л), следовало бы предварительно оценить его величину расчетным способом.

Высказанные замечания не снижают научной ценности и значимости представленной на защиту работы. Диссертационная работа Хтет Аунг 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, а автор заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15 - Мембраны и мембранные технологии.

На все замечания Хтетом Аунгом 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:

Сформулирована научно-техническая задача по разработке технологии получения воды питьевого качества из подземных источников, а также в исследовании эффективности баромембранных процессов (ультрафильтрация и обратный осмос) и, на их основе, разработка технологической схемы системы очистки воды и разработаны следующие технические решения:

- Определены характеристики эффективности ультрафильтрации в качестве предварительной стадии перед обратным осмосом при очистке растворов подземных вод – удельная производительность и селективность мембран.

- Определено, что УФ мембраны обладают высокими значениями селективности – приблизительно 99,7 % для соединений железа и 98,9 % для марганца, что демонстрирует максимальный уровень очистки и эффективность удаления этих загрязнений перед стадией ОО.

- Исследовано влияние технологических параметров на эксплуатационные характеристики обратноосмотических мембран при очистке воды, содержащей ионы жесткости (Ca^{2+} , Mg^{2+}) и одновалентные ионы (Na^{+}).

- Разработана технологическая схема системы очистки воды на основе баромембранных процессов.

- Проведен технико-экономический анализ процесса очистки подземных вод на основе совмещенной УФ- и ОО-системы для получения чистой воды питьевого качества.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- Исследованы эксплуатационные характеристики УФ мембран для двухкомпонентных систем при разделении растворов, в которых содержатся только ионы железа и марганца. Установлено, что присутствие еще одного иона, например, железа, может усилить удаление другого иона, например, марганца. Ионы железа взаимодействуют с ионами марганца за счет ионной конкуренции и электростатических взаимодействий, что повышает эффективность разделения.

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

- Разработана методика расчёта баромембранных установок, предназначенных для очистки подземных вод с повышенным содержанием железа (до 14 мг/л) и марганца (до 11,5 мг/л), с использованием полых волоконных мембран в установках ультрафильтрации и рулонных мембранных элементов в установках обратного осмоса.

- Предложены способы получения питьевой воды из сложных по составу подземных источников Мьянмы, характеризующихся повышенными концентрациями железа (до 14 мг/л) и марганца (до 11,5 мг/л), при сохранении конструктивной простоты и низких энергетических затрат. Разработанные технические решения обеспечивают высокую степень очистки, сопоставимую с качеством воды, прошедшей глубокую многостадийную обработку.

- Предлагаемая технология с применением совмещенных схем на основе УФ и ОО позволяет получить подходящую чистую воду хорошего качества, и повысить энерго- и ресурсосбережение на предприятиях водоподготовки.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Достоверность полученных результатов подтверждается применением известных физических закономерностей, апробированного математического аппарата, аттестованных измерительных средств, апробированных методик измерения, а также воспроизводимостью результатов, полученных экспериментальным путем.

Личный вклад соискателя:

Личный вклад автора состоит в проведении экспериментальных исследований, направленных на разработку технологии получения воды питьевого качества из подземных источников, в исследовании эффективности баромембранных процессов (ультрафильтрации и обратного осмоса), а также в разработке технологической схемы системы водоочистки. 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 Хтет Аунгу.

Присутствовало на заседании 9 человек, в том числе докторов наук по научной специальности, отрасли науки рассматриваемой диссертации 8 человек, в том числе в режиме видеоконференции 3 человека.

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

Результаты тайного голосования:

«за» 6,

«против» нет,

«воздержались» нет.

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

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

Итоги голосования:

«за» 9,
«против» нет,
«воздержались» нет.

Заместитель председателя
диссертационного совета

д.х.н., доцент Гаврилова Н.Н.

Ученый секретарь диссертационного совета

к.т.н. Атласкин А.А.

«30» июня 2025 г.

