

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. проректора по научной

работе и инновациям

ФГБОУ ВО «КНИТУ»

Гильмутдинов И. М.

05 ИЮНЯ 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (ФГБОУ ВО «КНИТУ») на диссертационную работу Хтет Аунг на тему «Разработка технологии получения воды питьевого качества из подземных источников Мьянмы», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15 — Мембраны и мембранная технология (технические науки)

Актуальность исследования. Представленная диссертационная работа посвящена разработке энергосберегающей технологии очистки подземных вод Республики Союз Мьянма с использованием баромембранных процессов. В условиях нехватки централизованных систем водоснабжения в сельских районах и при высоком уровне загрязнения природных вод, данное исследование является своевременным и социально значимым.

Работа опирается на современные научные подходы и разработки в области стадий предподготовки воды, ультрафильтрации и обратного осмоса. Актуальность исследования не вызывает сомнений, поскольку оно затрагивает проблемы устойчивого водоснабжения, а также применимости современных энерго- и ресурсосберегающих методов мембранной технологии в сложных природно-климатических условиях.

Научная новизна. В диссертации получены новые научные результаты, имеющие значение для развития мембранных технологий в области водоподготовки:

– Научно обоснована и разработана стадия предподготовки воды ультрафильтрацией за счет использования предварительной окислительной обработки, что обеспечивает максимальную эффективность мембранного процесса очистки;

– Получены новые экспериментальные данные для разработки процессов очистки подземных вод Республики Союз Мьянма с использованием баромембранных методов, таких как ультрафильтрация и обратный осмос. Это позволило получить важную информацию о технологических аспектах процессов разделения при очистке воды;

– Исследованы эксплуатационные характеристики ультрафильтрационных мембран для двухкомпонентных систем при разделении растворов, содержащих ионы железа и марганца. Установлено, что при наличии в растворе двух типов ионов происходит их ионная конкуренция и электростатические взаимодействия, что повышает эффективность разделения. Показано, что присутствие определенного иона может улучшить удаление другого за счет синергетического эффекта.

Полученные научные результаты способствуют углублению теоретических представлений о мембранных процессах при очистке природных вод и могут быть использованы при дальнейшем развитии технологий водоподготовки для децентрализованных систем.

Достоверность и обоснованность результатов подтверждаются применением современных экспериментальных методов, воспроизводимостью данных, корректной обработкой результатов и использованием надежных аналитических методик. В диссертации представлено подробное описание условий проведения экспериментов, используемого оборудования и материалов, что обеспечивает прозрачность и проверяемость проведенных исследований. Сопоставление экспериментальных данных с расчетными показателями и их согласованность дополнительно подтверждают корректность сделанных выводов.

Практическая значимость. Результаты диссертации имеют существенное значение для развития мембранных технологий в области водоподготовки, особенно применительно к условиям развивающихся стран с дефицитом чистой питьевой воды. Разработанные автором подходы к предварительной реагентной обработке и комбинированному применению ультрафильтрации и обратного осмоса в очистке подземных вод дополняют и развивают существующие научные представления о работе мембранных систем в сложных природно-климатических и гидрохимических условиях.

В частности, установленные закономерности влияния ионной конкуренции и синергетического эффекта при разделении ионов Fe и Mn представляют научный интерес и могут быть использованы в дальнейшем при моделировании и оптимизации мембранных процессов.

Диссертация Хтет Аунга состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем работы составляет 131 страницу, включая 26 рисунков, 17 таблиц, библиографию из 115 наименований и приложения

Во **введении** обоснована актуальность исследования, связанная с необходимостью разработки эффективной технологии очистки подземных вод Республики Союз Мьянма, отличающихся высоким содержанием ионов железа, марганца, кальция, магния и натрия. Сформулированы цель и задачи исследования, определены научная новизна, практическая значимость и основные положения, выносимые на защиту. Подчеркнута необходимость комплексного подхода с применением мембранных процессов.

В **главе 1** приведен литературный обзор, в котором рассмотрены источники загрязнения подземных вод и особенности их очистки. Анализируются современные методы предварительной обработки, баромембранные процессы (ультрафильтрация, обратный осмос), а также методы обеззараживания воды. Обоснована эффективность совмещения ультрафильтрации и обратного осмоса в водоочистке. Выделены ключевые

технологические и экологические проблемы, на решение которых направлено данное исследование.

В главе 2 описаны материалы и методы, использованные при проведении экспериментальных исследований. Представлены лабораторные установки для ультрафильтрации и обратного осмоса, а также применяемые мембранные модули и реагенты. Изложены методики подготовки модельных растворов, измерения параметров (рН, концентрация ионов, температура) и проведения экспериментов.

Глава 3 содержит результаты экспериментальных исследований. Приведен анализ характеристик современных мембран в процессах ультрафильтрации и обратного осмоса. Установлено влияние давления, температуры и состава растворов на удельную производительность и селективность разделения мембран.

Глава 4 посвящена технико-экономическому обоснованию разработанной технологии. Выполнены расчеты потребления реагентов, электроэнергии и воды для очистки. Сопоставлены эксплуатационные затраты и эффективность комбинированной системы ультрафильтрации и обратного осмоса. Показано, что предложенная схема очистки обладает высокой степенью ресурсо- и энергосбережения и применима для условий децентрализованного водоснабжения.

В заключении приведены выводы по диссертационной работе.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Практическая ценность диссертационной работы заключается в возможности непосредственного внедрения разработанной технологии в условиях децентрализованного водоснабжения. Полученные автором расчетные методики и технические решения могут быть рекомендованы:

- для проектирования энергоэффективных установок очистки солоноватых подземных вод в сельских и удаленных населенных пунктах;

- при модернизации существующих систем водоочистки, требующих повышения степени очистки при сохранении минимальных эксплуатационных затрат;
- в образовательной и научно-исследовательской деятельности при подготовке специалистов в области мембранных технологий и водоподготовки.

Результаты диссертации могут быть использованы в инженерной практике при разработке новых технологических решений в системах водоснабжения, а также расширяют научно-методическую базу в сфере мембранной очистки природных вод.

По диссертационной работе можно сделать следующие **замечания**.

1. В тексте диссертации обнаружены несоответствия требованиям научно-технического стиля и правилам оформления.
 - наличие орфографических ошибок (например, стр. 5 – «фитральвание», стр. 11 «содеджания», стр 19 – «нанафилтрации» 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.

Заключение

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 3.06 2025 г.).

Доцент кафедры «Процессы и аппараты химической технологии»

к.т.н., Фазлыев Азат Равильевич

тел: +7(843)231-40-65

FazlyevAR@corp.knrtu.ru

04 июня 2025г

Подпись А.Р. Фазлыева заверяю

Ученый секретарь

Ученого совета ФГБОУ ВО «КНИТУ»



11/11

И.А. Загидуллина

И.А. Загидуллина

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

Почтовый адрес: 420015, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, 68;

e-mail: <http://www.kstu.ru>; office@kstu.ru;

Контактные телефоны: +7(843)231-42-16