



И.о. ректора РХТУ имени Д.И. Менделеева
д.т.н., профессор Е.В. Румянцев

25» *Всего* 20 асГ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация на тему: «Разработка технологии получения воды питьевого качества из подземных источников Мьянмы» по научной специальности 2.6.15 – Мембраны и мембранная технология (технические науки) выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» на кафедре мембранной технологии.

В процессе подготовки диссертации Хтет Аунг, «13» июня 1992 года рождения, был аспирантом кафедры мембранной технологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева» с 01.09.2019 г. по 31.08.2023 г. С 01.09.2023 г. по 31.08.2025 г. является соискателем кафедры мембранной технологии.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана РХТУ им. Д.И. Менделеева в 2024 году.

Научный руководитель – доктор технических наук по специальности 05.17.18 – Мембраны и мембранная технология, профессор, заведующий кафедрой мембранной технологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» Каграманов Георгий Гайкович.

По результатам рассмотрения диссертации на тему: «Разработка технологии получения воды питьевого качества из подземных источников Мьянмы» принято следующее заключение.

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена тем, что подземные воды в Республике Союз Мьянма становятся все более загрязненными и попадают за пределы стандартного требуемого качества. Употребление неочищенной воды может поставить под угрозу здоровье граждан. В развивающихся сельских районах, строительство централизованных систем очистки и распределения воды нецелесообразно из-за высоких капитальных затрат и отсутствия соответствующей инфраструктуры. Поэтому улучшение качества питьевой воды в таких сельских районах требует нетрадиционных, инновационных стратегий очистки воды. По этой причине возникает необходимость в технологиях очистки воды, основанных на целях энерго- и ресурсосбережения.

Перспективным для решения большей части проблем очистки воды является применение технологии на основе баромембранных процессов. Баромембранные процессы, т.е. процессы, в которых движущей силой является разность давлений по обе стороны полупроницаемой перегородки – мембраны, в последние годы стали альтернативой традиционным методам в связи с тем, что капитальные вложения в разработку новых установок невелики, срок их окупаемости достаточно короток, они просты в изготовлении, надежны в обслуживании и могут быть легко автоматизированы. Принципы их действия заключаются в фильтровании растворов под давлением через мембраны, пропускающие молекулы растворителя и, полностью или частично, задерживающие молекулы либо ионы растворенных веществ. Данная работа, посвящена разработке научно обоснованных и технологических решений для интенсификации процессов очистки подземных вод методами ультрафильтрации, нанофильтрации и обратного осмоса, что весьма актуально для Республики Союз Мьянмы.

Научная новизна заключается в следующем: научно обоснована и разработана стадия предподготовки воды ультрафильтрацией за счет использования предварительной окислительной обработки и обеспечения максимальной эффективности фильтрации. Получены новые экспериментальные и расчетные данные для разработки процессов очистки подземных вод Мьянмы с использованием баромембранных методов, таких как ультрафильтрация и обратный осмос, что позволило получить важную информацию о технологических аспектах и очистке воды. Исследованы эксплуатационные характеристики УФ-мембран для двухкомпонентных систем при разделении растворов, в которых содержатся только ионы железа и марганца. Установлено, что при наличии в растворе двух типов ионов происходит их ионная конкуренция и электростатические взаимодействия, что повышает эффективность разделения. При наличии одного иона можно улучшить удаление другого за счет синергетического эффекта.

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в том, что на основании теоретических и экспериментальных исследований разработана методика расчета баромембранных установок с использованием полуволоконных мембран для УФ и рулонных мембранных элементов для ОО. Разработаны способы получения питьевой воды при конструктивной простоте и малых энергетических затратах, которые позволяют достичь высокой степени очистки, сопоставимой с качеством вод, прошедших глубокую многостадийную очистку. Проведен технико-экономический анализ, позволяющий минимизировать затраты на очистку солоноватых подземных вод с использованием совмещенной УФ- и ОО-системы для получения чистой воды. Предлагаемая технология с применением совмещенных схем на основе УФ и ОО позволяет получить чистую воду хорошего качества и уменьшить удельные капитальные и энергозатраты на предприятиях водоподготовки.

Работа характеризуется логичностью построения, аргументированностью основных научных положений и выводов, а также четкостью изложения.

Основные положения диссертации получили полное отражение в 4 публикациях в журналах, индексируемых в международных базах данных Scopus, Chemical Abstracts и GeoRef.

Результаты научного исследования подтверждены участием на научных мероприятиях всероссийского и международного уровня: опубликовано 8 работ в материалах всероссийских и международных конференций.

Результаты диссертации представлены на международных и всероссийских конференциях, в том числе на: XXXVI Международной конференции молодых ученых по химии и химической технологии «МКХТ-2022» (Москва, 2022 г.); XXXVII Международной конференции молодых ученых по химии и химической технологии «МКХТ-2023» (Москва, 2023 г.); XX Международной научно-практической конференция «Наука, образование, производство для противодействия техногенным угрозам и решению экологических проблем» (Уфа, 2023 г.); Международной научно-практической конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность» (Севастополь, 2023 г.); Международной научно-технической конференции «Экология и техносферная безопасность» (Сочи, 2024 г.); XII Международном водно-химическом форуме (Республика Беларусь, г. Минск, 2024 г.).

Результаты работы внедрены и используются компанией ООО «7 тех» для проектирования комплексов водоподготовки (акт внедрения от «21» января 2025 г.).

Публикации в изданиях, индексируемых в международных базах данных:

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**)

Публичные доклады на всероссийских и международных научных мероприятиях (конференциях, съездах, симпозиумах, конгрессах):

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 36. – № 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 37. – № 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 // Наука, образование, производство для противодействия техногенным угрозам и решения экологических проблем (Техносферная безопасность-2023). Материалы XX Международной научно-практической конференции. – Уфа, 2023. – С. 410-414.
4. **Хтет Аунг.** Умягчение воды реагентно – мембранным методом / Со Тхурейн, **Хтет Аунг**, Лин Маунг Маунг, А.А. Свитцов // Наука, образование, производство для противодействия техногенным угрозам и решения экологических проблем (Техносферная безопасность-2023). Материалы XX Международной научно-практической конференции. – Уфа, 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 // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2023. Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. – Севастополь, 2023. – С. 259-262.
6. **Хтет Аунг.** Удаление солей жесткости воды методом реагентно-мембранного умягчения / Со Тхурейн, **Хтет Аунг**, Лин Маунг Маунг, А.А. Свитцов // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2023. Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. – Севастополь, 2023. – С. 229-232.
7. **Хтет Аунг.** Разработка мембранной технологии очистки артезианских вод от соединений железа и марганца / **Хтет Аунг**, Лин Маунг Маунг, Со Тхурейн, Г.Г. Каграманов // Сборник материалов XII Международного водно-химического форума (21 – 24 мая 2024 г.). – Минск. – 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** // Advances in Ecology and Environmental Engineering. Proceedings of the 2nd International Russian Conference on Ecology and Environmental Engineering (RusEcoCon-2024). – Springer, 2024. – P. 279-287.

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 2.6.15 – Мембраны и мембранная технология в части:

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).

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.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Хтет Аунг является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на основании исследований, проведенных на высоком научном и техническом уровне с применением современных методов исследования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты принадлежат Хтет Аунг; они оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью.

С учетом научной зрелости автора, актуальности, научной новизны и практической значимости работы, а также ее соответствия требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», предъявляемым к подобным работам, диссертация на тему: «Разработка технологии получения воды питьевого качества из подземных источников Мьянмы» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15 – Мембраны и мембранная технология.

Диссертация рассмотрена на заседании кафедры мембранной технологии РХТУ имени Д.И. Менделеева, состоявшемся «21» февраля 2025 года, протокол № 6. В обсуждении приняли участие: заведующий кафедрой мембранной технологии, д.т.н., проф. Каграманов Г.Г., профессор кафедры мембранной технологии, д.т.н. Самбурский Г.А., доцент кафедры мембранной технологии, к.х.н. Дибров Г.А., доцент кафедры мембранной технологии, к.т.н. Свитцов А.А., доцент кафедры процессов и аппаратов химической технологии, к.т.н. Ильина С.И., секретарь кафедры мембранной технологии, асс. Бланко-Педрахон А.М.

Принимало участие в голосовании 5 человек. Результаты голосования:
«За» - 5 человек, «Против» - 0 человек, «Воздержались» - 0 человек, протокол
№ 6 от «21» февраля 2025 г.

Профессор кафедры
мембранной технологии
доктор технических наук



Г.А. Самбурский

Секретарь заседания



А.М. Бланко-Педрехон