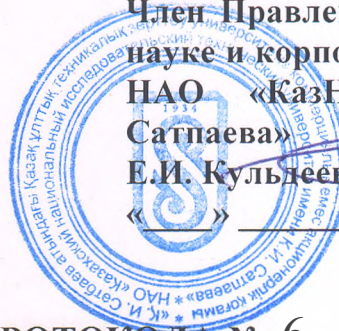


УТВЕРЖДАЮ

Член Правления — Проректор по
науке и корпоративному развитию
НАО «КазНИТУ имени К.И.
Сатпаева»
Е.И. Кульбаев



20__ г.

КОПИЯ ПРОТОКОЛА № 6

расширенного заседания кафедры «Химическая и биохимическая инженерия» Института геологии и нефтегазового дела имени К. Турысова от «19» декабря 2025 года

Председатель: Мангазбаева Р.А., к.х.н., профессор, заведующая кафедрой «Химическая и биохимическая инженерия».

Секретарь: Демеубаева Н.С., PhD, старший преподаватель кафедры «Химическая и биохимическая инженерия».

Присутствовали: профессора: Бойко Г.И., Ермагамбетов М.Е., Анапияев Б.Б., Селенова Б.С., Рафикова Х.С., Абдиев К.Ж.; ассоциированные профессора: Мангазбаева Р.А., Нақан Ұ., Наурызова С.З., Керимкулова А.Ж., Айткалиева Г.С., Белкожаев А.М., Албаева Ж.Т., Исакова К.М., Джамалова Г.А.; старшие преподаватели: Нурсултанов М.Е. Ботбаев Д., Аязбаева А.Н., Сандыбаева С.К.; Нармуратова Ж.Б., Демеубаева Н.С., Рыспаева С.Б., Жаксыбай Жулдыз; преподаватели: Байдуллаева Ә.Б.; инженеры: Бошимова Ж.Б., Ахметова А.Б., Сапарова С.А., Турганова М.А., Нышанбай Б.К.

Всего присутствовало — 29 человек.

ПОВЕСТКА ДНЯ

Докторанта образовательной программы 8D07108 – «Основные процессы синтеза и производства новых органических и полимерных материалов» Әкімбек Арайлым Өтегенқызы на тему: «Биодесульфуризация высокосернистой нефти глубокими эвтектическими растворителями», выполненной под руководством отечественного научного руководителя – PhD, профессора Рафиковой Х.С., соруководителя – к.с.-х.н., доцента, ассоциированного профессора Джамаловой Г.А., и зарубежного научного руководителя – PhD, ассистент-профессора М. Пагано, Федеральный университет Минас-Жерайс, Белу-Оризонти, Бразилия, о обсуждении диссертационной работы и рекомендации к защите в Диссертационном Совете.

СЛУШАЛИ:

Председателя, к.х.н., заведующую кафедрой «Химическая и биохимическая инженерия» Мангазбаеву Р.А., которая предложила Ф КазНИТУ 703-07. Протокол

рассмотреть на расширенном заседании кафедры предварительную защиту диссертационной работы докторанта образовательной программы 8D07108 – «Основные процессы синтеза и производства новых органических и полимерных материалов» Әкімбек Арайлым Өтегенқызы на тему: «Биодесульфуризация высокосернистой нефти глубокими эвтектическими растворителями».

Тема диссертационной работы Әкімбек Арайлым Өтегенқызы была утверждена на заседании Ученого совета КазНИТУ имени К.И. Сатпаева «27» декабря 2021 года (приказ №2002-д). Были внесены изменения на заседании Ученого совета КазНИТУ имени К.И. Сатпаева «18» ноября 2025 года (приказ №1960-д).

Отечественный научный руководитель – PhD, профессор Рафикова Х.С. и зарубежный научный руководитель – PhD, ассистент-профессор М. Пагано, Федеральный университет Минас-Жерайс, Белу-Оризонти, Бразилия были утверждены в КазНИТУ имени К.И. Сатпаева приказом №1760-д от «29» октября 2021 года. Соруководитель – к.с.-х.н., доцент, ассоциированный профессор Джамалова Г.А. был утвержден в КазНИТУ имени К.И. Сатпаева приказом №1960-д от «18» ноября 2025 года.

Официальные рецензенты:

– Кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник РГП на ПХВ «Институт проблем горения» – Жылыбаева Н.К.;

– PhD, старший преподаватель кафедры «Химическая и биохимическая инженерия» КазНИТУ имени К.И.Сәтпаева – Адиканова Д.Б.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 3 совместных авторских публикациях, статья в международном научном издании, входящем в базы данных Scopus. 1 постер доклад в материалах международных научных конференций.

Докторант Әкімбек Арайлым Өтегенқызы прошла зарубежную научную стажировку на кафедре общей химии Государственного университета Эрджиес (г. Кайсери, Турция).

Председатель: Следующее слово предоставляется докторанту Әкімбек Арайлым Өтегенқызы.

Әкімбек Арайлым Өтегенқызы: представила доклад по диссертационной работе в формате презентации (20 минут). В ходе доклада были изложены следующие сведения:

- общая характеристика работы;
- актуальность темы исследования;
- цель и задачи работы;
- научная новизна исследования;
- положения и научные результаты, выносимые на защиту;
- практическая значимость;
- основное содержание диссертационной работы;
- результаты исследования и выводы.

ВОПРОСЫ И МНЕНИЯ ПО ДОКЛАДУ ДОКТОРАНТА:

Председатель: Спасибо. Есть ли вопросы по докладу диссертационной работы?

Д.х.н., профессор Селенова Б.С.

Вопрос: Какую функциональную роль выполняет ГЭР в процессе биодесульфуризации? Только с ГЭР проводили исследование?

Ответ: ГЭР в процессе биодесульфуризации выполняет роль биостимулятора и активатора роста микроорганизмов. Его присутствие улучшает питательную и физиологическую среду, способствует адаптации сероокисляющих культур к токсичным компонентам нефти и повышает их жизнеспособность. Кроме того, ГЭР усиливает метаболическую и ферментативную активность клеток, что приводит к увеличению биомассы и более интенсивному протеканию процесса биодесульфуризации, обеспечивая более эффективное удаление серы из высокосернистой нефти.

Вопрос: Какова роль микроорганизмов в предлагаемом механизме удаления серы?

Ответ: Роль микроорганизмов в предлагаемом механизме заключается в том, что они являются основным биокатализатором процесса биодесульфуризации. Микроорганизмы осуществляют ферментативное окисление сероорганических соединений нефти, переводя связанную серу в более полярные и менее токсичные формы, которые затем легче удаляются из нефтяной матрицы. Таким образом, именно микробная активность обеспечивает биохимическое разрушение C-S связей и снижение общего содержания серы.

Вопрос: Какие классы серосодержащих соединений удаляются наиболее эффективно (тиофены, бензотиофены, дибензотиофены и др.)?

Ответ: Наиболее эффективно в процессе биодесульфуризации удаляются низкомолекулярные и менее стерически затрудненные серосодержащие соединения, прежде всего тиофены и бензотиофены.

Ph.D, профессор Науризова С.З.

Вопрос: Если микроорганизмы способны самостоятельно удалять серу, то в чем заключается необходимость добавления ГЭР?

Ответ: В природных условиях количество сероокисляющих микроорганизмов обычно ограничено, и их активности недостаточно для эффективной десульфуризации. ГЭР выполняет роль биостимулятора, создавая более благоприятные условия для размножения микроорганизмов, что приводит к увеличению биомассы и интенсификации процесса удаления серы.

Вопрос: На основании каких данных и критериев были выбраны именно такие соотношения компонентов глубоких этектических растворителей (ГЭР) в Вашем исследовании? Только 2 вида ГЭР были использованы?

Ответ: Соотношения компонентов ГЭР были выбраны на основе анализа литературных данных и результатов предыдущих исследований, где

показана эффективность подобных эвтектических систем. Кроме того, подбор соотношений осуществлялся с учетом их физико-химических свойств (стабильность, вязкость, растворяющая способность) и оптимального влияния на рост и активность микроорганизмов в процессе биодесульфуризации.

К.х.н, Ассоциированный профессор Албаева Ж.Т.

Замечание: Представленная технологическая схема процесса требует доработки, поскольку ее оформление не соответствует общепринятым требованиям и стандартам выполнения технологических схем. Рекомендовано привести схему в инженерно-корректный формат с указанием основных стадий, потоков и параметров процесса.

Ответ: представленная технологическая схема будет доработана и приведена в соответствие с установленными требованиями инженерного оформления.

Замечание: При необходимости готов оказать консультативную помощь и дать рекомендации по корректному оформлению технологической схемы процесса.

Ответ: Спасибо большое. Обязательно доработаю технологическую схему. При возникновении вопросов буду обращаться за консультацией к Вам.

Д.х.н., профессор Селенова Б.С.

Вопрос: Какие аппараты и оборудование предполагаются для реализации каждой стадии процесса? По технологической схеме: ее оформление не соответствует требованиям и стандартам выполнения технологических схем.

Ответ: В процессе используется орбитальный шейкер с подогревом, термостат и для биодесульфуризации используется обычная колба. Схема представлена в предварительном виде и отражает общую последовательность стадий процесса. Технологическая схема будет доработана в соответствии с инженерными стандартами, с указанием необходимого оборудования для каждой стадии.

Вопрос: Какое оборудование используется для поддержания оптимальных параметров процесса?

Ответ: Процесс проводится при температуре и давлении окружающей среды, поэтому специальное оборудование для поддержания повышенных параметров не требуется.

Ph.D, профессор Наурызова С.З.

Вопрос: До каких конечных форм происходит превращение (окисление) серы в процессе биодесульфуризации?

Ответ: В процессе биодесульфуризации сера из сероорганических соединений подвергается биохимическому окислению и переводится в более полярные формы.

К.х.н. Профессор Мангазбаева Р.А.

Замечание (мнение):

Заведующая кафедрой отметила, что ответ на вопрос о конечных формах превращения (окисления) серы был дан недостаточно корректно и требует более точного научного обоснования. При этом она подчеркнула, что диссертационная работа в целом объемная, хорошо структурирована и качественно написана, однако отдельные положения при устной защите необходимо формулировать более уверенно и конкретно.

Ответ: Замечание принято. В дальнейшем я уточню и более корректно сформулирую ответ.

Старший преподаватель Оналбек Д.Д.

Замечание (мнение): Результаты биодесульфуризации хорошо было бы дополнительно оформить в виде таблиц с указанием числовых значений, чтобы было ясно, какие показатели и изменения содержания серы отражены на графиках.

Ответ: Замечание принято. В окончательной версии диссертационной работы результаты будут дополнены таблицами с числовыми значениями для более наглядного и точного представления данных.

Ph.D, профессор Наурызова С.З.

Вопрос: Да, результаты биодесульфуризации представлены преимущественно в виде графиков, однако без числовых значений их интерпретация затруднена, и не совсем ясно, какие именно показатели отражены на графиках. Было бы целесообразно дополнительно оформить данные в виде таблицы с конкретными количественными значениями.

Ответ: Замечание принято.

К.х.н. Профессор Мангазбаева Р.А., Ph.D, профессор Наурызова С.З., Д.х.н., профессор Селенова Б.С.

Замечание (мнение): Отмечено, что в презентации были приведены графические данные по содержанию серы в нефти месторождений Каражанбас, Бузачи и Кумколь. Однако данные результаты носят справочный характер и не являются новыми научными результатами, полученными в рамках диссертационной работы. В связи с этим рекомендовано не включать их в положения, выносимые на защиту, а также в перечень задач исследования. Целесообразно указать, что данные сведения заимствованы из ранее проведенных исследований и используются исключительно в качестве исходной информации.

Ответ: Замечание принято.

К.х.н, Ассоциированный профессор Албаева Ж.Т., Профессор Наурызова С.З., Д.х.н., профессор Селенова Б.С.

Замечание (мнение): Представленные графики требуют более четкого пояснения. В частности, возникли вопросы по обозначению осей и интерпретации приведенных пиков: не совсем ясно, какие именно параметры

Заведующая кафедрой отметила, что ответ на вопрос о конечных формах превращения (окисления) серы был дан недостаточно корректно и требует более точного научного обоснования. При этом она подчеркнула, что диссертационная работа в целом объемная, хорошо структурирована и качественно написана, однако отдельные положения при устной защите необходимо формулировать более уверенно и конкретно.

Ответ: Замечание принято. В дальнейшем я уточню и более корректно сформулирую ответ.

Старший преподаватель Оналбек Д.Д.

Замечание (мнение): Отмечено, что результаты биодесульфуризации представлены Хорошо было бы дополнительно оформить полученные данные в виде таблиц с указанием числовых значений, чтобы было ясно, какие показатели и изменения содержания серы отражены на графиках.

Ответ: Замечание принято. В окончательной версии диссертационной работы результаты будут дополнены таблицами с числовыми значениями для более наглядного и точного представления данных.

Ph.D, профессор Наурызова С.З.

Вопрос: Да, результаты биодесульфуризации представлены преимущественно в виде графиков, однако без числовых значений их интерпретация затруднена, и не совсем ясно, какие именно показатели отражены на графиках. Было бы целесообразно дополнительно оформить данные в виде таблицы с конкретными количественными значениями.

Ответ: Замечание принято.

К.х.н. Профессор Мангазбаева Р.А., Ph.D, профессор Наурызова С.З., Д.х.н., профессор Селенова Б.С.

Замечание (мнение): Отмечено, что в презентации были приведены графические данные по содержанию серы в нефти месторождений Каражанбас, Бузачи и Кумколь. Однако данные результаты носят справочный характер и не являются новыми научными результатами, полученными в рамках диссертационной работы. В связи с этим рекомендовано не включать их в положения, выносимые на защиту, а также в перечень задач исследования. Целесообразно указать, что данные сведения заимствованы из ранее проведенных исследований и используются исключительно в качестве исходной информации.

Ответ: Замечание принято.

К.х.н, Ассоциированный профессор Албаева Ж.Т., Профессор Наурызова С.З., Д.х.н., профессор Селенова Б.С.

Замечание (мнение): Представленные графики требуют более четкого пояснения. В частности, возникли вопросы по обозначению осей и интерпретации приведенных пиков: не совсем ясно, какие именно параметры

отражены на графиках и что означают значения по осям. Подчеркнуто, что текущая подача данных понятна в первую очередь автору, однако для аудитории необходимо более наглядное и однозначное оформление. Рекомендовано дополнить графики поясняющими подписями, единицами измерения и, при необходимости, переработать формат представления результатов.

Ответ: Замечание принято. Графики будут доработаны: будут уточнены обозначения осей, добавлены пояснения к пикам и параметрам, а также внесены необходимые изменения для более понятного и корректного представления результатов.

К.х.н. Профессор Мангазбаева Р.А., Ph.D, профессор Наурызова С.З., Д.х.н., профессор Селенова Б.С.

Замечание (мнение): Диссертационная работа выполнена на хорошем уровне, однако рекомендовано усилить именно химическую составляющую исследования. Много биотехнологии. Как специалист-химик докторант должен более подробно раскрыть химические аспекты процесса: механизмы превращения серосодержащих соединений, особенности взаимодействия компонентов ГЭР с нефтяной матрицей, а также более глубоко обосновать полученные результаты с позиций химии. Рекомендовано дополнить работу и презентацию более развернутыми химическими интерпретациями.

Ответ: Замечание принято.

Доктор химических наук, Ассоциированный профессор, Профессор Абдиев К.Ж.

диссертационная работа в целом выполнена качественно и производит хорошее впечатление. Вместе с тем было подчеркнуто, что в работе уделено значительное внимание биотехнологическим аспектам, тогда как химическая часть требует более детального раскрытия. Рекомендовано усилить интерпретацию результатов с позиций химии, подробнее рассмотреть механизмы превращения серосодержащих соединений и роль ГЭР. Также указано, что представленная технологическая схема оформлена некорректно и должна быть приведена в соответствие с требованиями инженерных стандартов.

Ответ: Замечание принято.

Доктор химических наук, Профессор Ермаганбетов М.Е.

Вопрос: Да, поддерживаю, диссертационная работа в целом выполнена качественно. Вместе с тем было подчеркнуто, что в работе уделено значительное внимание биотехнологическим аспектам, тогда как химическая часть требует детального раскрытия. Рекомендовано усилить интерпретацию результатов с позиций химии.

Ответ: Замечание принято.

Доктор биологических наук, Профессор Анапияев Б.Б.

Вопрос: Где и каким методом проводилась генетическая идентификация использованных микроорганизмов, и на основании каких данных

подтверждено, что именно данные штаммы обладают сероокисляющей (десульфуризирующей) активностью?

Ответ: Генетическая идентификация микроорганизмов была проведена в г. Астана в Национальном центре биотехнологий. Определение штаммов осуществлялось методом секвенирования гена 16S рРНК с последующим анализом полученных последовательностей с использованием специализированных программных приложений и баз данных. На основе результатов был построен филогенетический дендрограммы (филогенетическое дерево), что позволило подтвердить принадлежность выделенных культур к сероокисляющим микроорганизмам.

Вопрос: В каких масштабах проводились эксперименты: какие объемы нефти, глубоких эвтектических растворителей и микробной культуры использовались в опытах, и каково было их соотношение в реакционной системе?

Ответ: Эксперименты проводились в лабораторном масштабе. В качестве нефтяного сырья использовалось около 100 г нефти, далее добавлялось рассчитанное количество глубокого эвтектического растворителя (примерно 5 мг/г нефти), после чего в систему вносилась микробная культура в заданной концентрации.

Д.х.н., профессор Селенова Б.С.

Вопрос: Сколько положений, выносимых на защиту, и основных выводов сформулировано в диссертационной работе?

Ответ: В диссертационной работе сформулированы 7 положений, выносимые на защиту, и представлены 4 основных вывода.

Доктор химических наук, Профессор Бойко Г.И.

Вопрос: После проведения биодесульфуризации требуется ли отделение биомассы микроорганизмов и глубокого эвтектического растворителя от очищенной нефти, и какие методы разделения фаз предполагаются для удаления остаточных компонентов системы?

Ответ: Этот вопрос уже поднимался ранее, поэтому я специально дополнительно изучила данный аспект. После проведения биодесульфуризации действительно требуется отделение биомассы микроорганизмов и компонентов ГЭР от очищенной нефти. Для этого применяются стандартные методы разделения фаз: в первую очередь центрифугирование, а затем фильтрация через мембранные фильтры с размером пор 0,45 мкм. Поскольку размеры бактериальных клеток обычно составляют порядка 0,7-0,9 мкм, использование фильтра 0,45 мкм позволяет эффективно задерживать микроорганизмы и отделять их от нефтяной фазы.

Ph.D, профессор Науризова С.З.

Вопрос: Возможна ли регенерация и повторное использование глубоких эвтектических растворителей после завершения процесса, и оценивалась ли их эффективность при повторных циклах применения?

Ответ: В рамках данной диссертационной работы регенерация и повторное использование глубоких эвтектических растворителей специально

не исследовались, и соответствующие эксперименты не проводились. Вместе с тем данный вопрос является перспективным направлением дальнейших исследований. В будущем планируется более детально рассмотреть возможности регенерации ГЭР и их повторного применения в рамках последующих научных проектов.

МНЕНИЕ РЕЦЕНЗЕНТОВ:

Рецензент: PhD, старший преподаватель кафедры «Химическая и биохимическая инженерия» КазННТУ имени К.И.Сәтпаева – Адиканова Д.Б.:

– Общая характеристика работы: рекомендуется в начале диссертации добавить краткое и четкое описание исследования, подчеркнув разработку химико-технологической биодесульфуризации высокосернистых нефтей Казахстана с использованием ГЭР.

– Описание синтеза ГЭР: на стр. 61 (рис. 2.3) целесообразно представить данные в виде таблицы с молярными соотношениями компонентов, условиями синтеза и составом продукта.

– Сравнительные таблицы: рекомендуется включать сводные таблицы после каждого этапа экспериментов для наглядного выделения ключевых результатов и эффективности ГЭР.

– Уточнение задачи (пункт 4): формулировку разработки оптимальной системы следует конкретизировать с точки зрения практической реализации (лабораторная модель, опытная линия или промышленная схема).

– Ссылки на публикации: в разделе «Результаты и обсуждение» желательно добавить ссылки на собственные работы автора для подтверждения новизны и усиления доказательной базы.

Председатель: Просьба ответить на все заданные вопросы.

Ответ: Все замечания и рекомендации, высказанные рецензентом, были приняты во внимание и внесены в диссертационную работу. Спасибо.

PhD, старший преподаватель Адиканова Д.Б.:

Ответ: По диссертационной работе ответ докторанта удовлетворил, считаю, что работу можно допустить к защите. Спасибо!

Рецензент: Кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник РГП на ПХВ «Институт проблем горения» – Жылыбаева Н.К.

– На отдельных графиках стоит добавить подписи осей или условные обозначения, чтобы облегчить чтение результатов (3.16-3.39).

– В тексте встречаются отдельные фрагменты, где нумерация ссылок нарушена рекомендуется проверить соответствие списка литературы (стр 91, ссылки 319, 325).

– Форматирование некоторых разделов (отступы и выравнивание на страницах 40-50,) может быть немного улучшено для обеспечения единого стиля оформления.

Ответ: Все замечания и рекомендации, высказанные рецензентом, были приняты во внимание и внесены в диссертационную работу. Спасибо.

Следующее слово предоставляется отечественному научному руководителю – PhD, профессору Рафиковой Х.С.:

Уважаемые коллеги, докторант Әкімбек Арайлым Өтегенқызы полностью выполнила поставленные перед собой цели и задачи. В соответствии с темой исследования были подготовлены необходимые образцы, проведено комплексное изучение процесса биодесульфуризации высокосернистой нефти с использованием глубоких эвтектических растворителей и микроорганизмов. С применением физико-химических методов анализа получены результаты, подтверждающие эффективность предложенного подхода. Таким образом, диссертационная работа выполнена в соответствии с требованиями, предъявляемыми для присуждения степени PhD, и получены значимые научные результаты. Поэтому считаю возможным рекомендовать диссертацию к защите и полностью поддерживаю докторанта. Спасибо!

Следующее слово предоставляется отечественному научному руководителю – к.с.-х.н., доцента, ассоциированному профессору Джамаловой Г.А.:

Уважаемые коллеги, как соруководитель хочу отметить, что докторант Әкімбек Арайлым Өтегенқызы проявила себя как очень ответственный и трудолюбивый исследователь. Она активно участвовала во всех этапах работы, самостоятельно выполняла основные экспериментальные исследования, тщательно обрабатывала результаты и уделяла большое внимание каждому элементу диссертационного исследования. Докторант добросовестно относилась к поставленным задачам, работала с полной отдачей, часто посвящая работе значительное время. Особо следует подчеркнуть, что полученные результаты были опубликованы, в том числе в международном научном журнале, входящем в квартиль Q1, что подтверждает высокий уровень выполненного исследования. Однако в ходе заседания она немного волновалась и поэтому не смогла сразу дать развернутые ответы на некоторые вопросы. При этом все необходимые обоснования и ответы подробно представлены в тексте диссертационной работы. Считаю, что диссертационная работа соответствует установленным требованиям, а докторант заслуживает допуска к защите и присуждения степени PhD. Полностью поддерживаю представленную работу. Спасибо!

Председатель: Отзыв зарубежного научного руководителя – PhD, ассистент-профессора М. Пагано (Федеральный университет Минас-Жерайс, Белу-Оризонти, Бразилия) имеется и приобщен к материалам заседания.

МНЕНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИИ:

Председатель: Просьба высказать свои мнения по диссертации.

Д.х.н., профессор Селенова Б.С.:

В целом впечатление от диссертационной работы хорошее. Ее актуальность и научная значимость не вызывают сомнений. Высказанные замечания являются важными и требуют устранения. В целом даю положительную оценку работе и поддерживаю докторанта Әкімбек Арайлым Өтегенқызы.

Ph.D, профессор Наурызова С.З.:

Поддерживаю представленную работу. Получены конкретные экспериментальные данные и практические результаты. Высказанные замечания являются важными и требуют устранения. Считаю, после устранения высказанных замечаний можно рекомендовать к защите.

Доктор химических наук, Профессор Бойко Г.И.

Поддерживаю представленную работу. Допускать к защите после устранения высказанных замечаний.

Доктор химических наук, Ассоциированный профессор, Профессор Абдиев К.Ж.

Поддерживаю представленную работу. Допускать к защите после устранения высказанных замечаний.

Доктор химических наук, Профессор Ермаганбетов М.Е.

Поддерживаю представленную работу. Допускать к защите после устранения высказанных замечаний.

Старший преподаватель Нұрсұлтанов М.Е.:

Работа соответствует всем требованиям, предъявляемым к положениям, выносимым на защиту, публикации автора имеются. В таком случае считаю, что мы должны поддержать докторанта. При условии выполнения замечаний рецензентов полностью поддерживаю и прошу всех оказать поддержку.

Доктор Ph.D Ассоциированный профессор Накан Ұ.

Поддерживаю диссертационную работу и считаю возможным рекомендовать ее к защите после устранения высказанных замечаний.

Председатель: К.х.н. Профессор Мангазбаева Р.А.:

Сегодня мы заслушали диссертационную работу, которая, отличается большим объемом. По представленным результатам видно, что докторант Әкімбек Арайлым Өтегенқызы выполнила все поставленные задачи. Вместе с тем в ходе обсуждения были отмечены отдельные недостатки, которые необходимо будет устранить.

Предлагаю подвести итоги обсуждения диссертационной работы Әкімбек Арайлым Өтегенқызы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

из протокола № ___ заседания кафедры «Химическая и биохимическая инженерия» по диссертационной работе докторанта Әкімбек Арайлым Өтегенқызы на тему: «Биодесульфуризация высокосернистой нефти глубокими эвтектическими растворителями» от «19» декабря 2025 года.

1. Актуальность исследуемой работы. Актуальность разработки новых технологий удаления серы из топлива связана с ужесточением экологических требований. В ЕС и Японии содержание серы в бензине и дизельном топливе не должно превышать 10 ppm, в США 15 ppm. В то же время в некоторых видах нефти, добываемых в Казахстане, содержание серы достигает 1,6-2,2 % по массе, что на несколько порядков больше установленных норм. Это снижает конкурентоспособность казахстанской нефти на международном рынке и экспортный потенциал страны. Высокое содержание сернистых соединений в тяжелых нефтях Казахстана ухудшает качество топлива, вызывает коррозию оборудования и приводит к выбросам SO₂, что негативно отражается на экологии. Существующие промышленные технологии, обеспечивают эффективное удаление легких форм серы, однако требуют высоких затрат, такие как: высокие температуры (300 до 400 °С) и давление (2-8 МПа), использования водорода и дорогостоящих катализаторов, избытка окислителей и стадии разделения продуктов, регенерации и контроль потерь растворителя, что снижает их экономическую целесообразность при переработке тяжелых нефтей.

В связи с этим актуальным направлением является разработка альтернативных, более экологичных и экономически оправданных методов десульфуризации, способных обеспечивать селективное удаление серы при минимальном разрушении углеводородной матрицы. Одним из перспективных подходов является биодесульфуризация, основанная на способности микроорганизмов при оптимальных условиях селективно окислять серу в составе органических соединений. В данной работе предложено использовать технологию биодесульфуризации нефти и нефтяных продуктов в сочетании с ГЭР в составе питательных сред и оптимальным режимом для стимулирования роста сероокисляющих микроорганизмов и повышения биодоступности органосернистых соединений. Такой подход сочетает в себе экологическую безопасность, технологическую эффективность и возможность интеграции разработанной технологии в существующие схемы нефтепереработки, что определяет его высокую актуальность для решения проблемы глубокой десульфуризации высокосернистых нефтей Казахстана.

2. Цель исследования. Разработка и обоснование химико-технологической биодесульфуризации тяжёлых высокосернистых нефтей Казахстана на основе синтезированных глубоких эвтектических растворителей и включения их в состав десульфуризационных систем для интенсификации и оптимизации биодесульфуризационного процесса.

Задачи исследования:

1 Изучение содержания серосодержащих соединений в образцах нефти месторождений «Каражанбас», «Бузачи» и «Кумколь».

2 Выделение и изучение штаммов микроорганизмов из образцов сырой высокосернистой нефти Казахстана. Выявление культуральных и

технологических свойств изолированных штаммов путем аэробных процессов.

3 Синтез и характеристика глубоких эвтектических растворителей, оценка их влияния на рост, метаболическую активность изолированных и коллекционных микроорганизмов при биодесульфуризации тяжелой высокосернистой нефти.

4 Разработана оптимальная комплексная блок-схема биодесульфуризации высокосернистой нефти в среде глубоких эвтектических растворителей.

В рамках исследования глубокие эвтектические растворители рассматриваются не только как вспомогательные реагенты, но и как ключевые элементы методологии, обеспечивающие двойной эффект:

– стимуляцию роста и метаболической активности изолированных и коллекционных микроорганизмов за счет модификации условий в десульфуризационной среде;

– повышение доступности органосернистых соединений в нефтяной матрице для биокаталитического разложения.

Такое совместное применение ГЭР позволяет объединить преимущества химических и биотехнологических подходов, позволяя создавать более эффективные и экологически безопасные технологии десульфуризации тяжёлых высокосернистых нефтей.

3. Соответствие диссертационной работы требованиям пунктов 4, 5, 6 «Правил присуждения ученых степеней». Диссертационная работа соответствует требованиям пунктов 4, 5, 6 «Правил присуждения ученых степеней».

4. Личный вклад автора. Диссертант в ходе выполнения исследования самостоятельно осуществила поиск и анализ литературных источников. В соответствии с поставленными целью и задачами провела экспериментальные исследования. На основе полученных результатов выполнила теоретический и практический анализ, подготовила научные статьи и обобщила работу в виде диссертационного исследования.

5. Принцип внутреннего единства. Диссертационная работа обладает принципом внутреннего единства, обусловленным поставленной целью, а также формулированием и решением задач, направленных на ее достижение. Материалы изложены логично, последовательно и системно, а полученные научные результаты являются обоснованными.

6. Научная новизна полученных результатов.

1. Впервые:

– установлена возможность применения глубоких эвтектических растворителей в составе десульфуризационных питательных систем для изолированных и коллекционных микроорганизмов;

– интенсификация процессов биодесульфуризации тяжелых высокосернистых нефтей осуществлена на основе применения глубоких эвтектических растворителей в составе десульфуризационных систем.

2. Впервые показано, что введение ГЭР в питательную среду обеспечивает:

- формирование десульфуризационной среды;
- существенное повышение скорости роста и метаболической активности нефте- и сероокисляющих микроорганизмов за счет оптимизации физико-химических условий их культивирования.

3. На основании комплексных исследований нефтей месторождения Каражанбас впервые выявлено, что использование ГЭР способствует увеличению биомассы, повышению активности ферментных систем, участвующих в десульфуризации, а также расширяет спектр сернистых соединений, подвергающихся биокаталитическому разложению. Полученные результаты подтверждают, что разработанный подход обладает высокой потенциальной способностью для создания экологически безопасных и энергоэффективных технологий глубокой очистки нефти от серы.

7. Практическая значимость работы. Предложенный в работе метод биодесульфуризации с использованием глубоких эвтектических растворителей открывает новые возможности для повышения эффективности процессов очистки высокосернистых нефтей. Добавления ГЭР не изменяет саму нефтяную матрицу, а создает оптимальные условия для роста и активности сероокисляющих микроорганизмов, что в итоге облегчает им доступ к серосодержащим соединениям и ускоряет их разложение.

Такой подход позволяет:

- снижать энергозатраты;
- обходиться без агрессивных реагентов, минимизируя воздействие негативных факторов на окружающую среду;
- сохранять высокую степень очистки нефтей от сераорганических соединений.

Полученные результаты могут быть применены на макроуровне для удаления серы на основе разработанной химико-биотехнологической десульфуризации высокосернистых тяжелых нефтей.

Публикации и апробация работы. Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в рецензируемых научных журналах, индексируемых в международных базах данных Scopus. В журнале Heliyon, квартиль Q1, процентиль 83 %. А также результаты исследования были апробированы на международных и национальных научных форумах. Кроме того, были опубликованы работы в качестве соавторов двух статей, опубликованных в международных рецензируемых журналах Environmental Monitoring and Assessment (Q3, Scopus, Web of Science) и ChemistrySelect (Q3, Scopus, Web of Science). Данные статьи выполнены в рамках других научных проектов, близких по тематике, и отражают научную активность автора в смежных областях.

Исходя из вышеизложенного, диссертационная работа докторанта Экімбек Арайлым Өтегенқызы на тему: «Биодесульфуризация высокосернистой нефти глубокими эвтектическими растворителями», выполненная по образовательной программе 8D07108 – «Основные процессы синтеза и производства новых органических и полимерных материалов», рекомендуется к защите на соискание степени доктора философии (PhD).

Обсуждение диссертационной работы завершено. Были высказаны замечания и предложения рецензентов. Мое предложение – провести голосование о допуске диссертации к защите. Для исключения необходимости повторного рассмотрения целесообразно подготовить дополнительную справку о внесении исправлений по высказанным замечаниям. По итогам сегодняшнего обсуждения предлагаю вынести на голосование рекомендацию диссертационной работы к открытой защите в Диссертационном совете.

Результаты голосования: единогласно.

За – все.

Против – нет.

Воздержавшихся – нет.

ПОСТАНОВИЛИ:

Диссертационная работа докторанта образовательной программы 8D07108 – «Основные процессы синтеза и производства новых органических и полимерных материалов» Экімбек Арайлым Өтегенқызы на тему: «Биодесульфуризация высокосернистой нефти глубокими эвтектическими растворителями» рекомендована к защите и представлению в Диссертационный совет.

Председатель



Мангазбаева Р.А.

Секретарь



Демеубаева Н.С.