

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07107- «Химическая инженерия углеводородных соединений»

РЫСПАЕВА САЛИМАТ БУКЕНКЫЗЫ

ГЛУБОКИЕ ЭВТЕКТИЧЕСКИЕ РАСТВОРИТЕЛИ В КАЧЕСТВЕ НОВЫХ ИНГИБИТОРОВ ОСАЖДЕНИЯ АСФАЛЬТЕНОВ

Актуальность темы. В XXI веке рост спроса на энергетические ресурсы привёл к интенсивному развитию нефтегазовой отрасли. Однако возникающие в процессе добычи и транспортировки нефти техногенные и химические проблемы оказывают отрицательное влияние на эффективность данной сферы. Одной из наиболее сложных проблем является осаждение асфальтенов. Асфальтены — это сложные органические соединения с высокой молекулярной массой, богатые гетероатомами и ароматическими структурами, состоящие из полярных молекул. В нефтяной системе они находятся в нестабильном коллоидном состоянии и под воздействием физико-химических параметров (например, понижения температуры, изменения давления, испарения лёгких фракций или изменения природы растворителей) выпадают в осадок и отделяются от нефти.

Осаждение асфальтенов приводит к закупорке нефтепроводов и скважин, коррозии технологического оборудования, нарушению процессов тепло- и массообмена. Это, в свою очередь, снижает эффективность добычи нефти, вызывает частые остановки оборудования и увеличивает дополнительные экономические затраты. В связи с этим поиск эффективных ингибиторов, способных повысить стабильность асфальтенов или замедлить их осаждение, является одной из актуальных научных и производственных задач современности.

В последние годы в данном направлении особый интерес вызывают глубокие эвтектические растворители (ГЭР). ГЭР — это жидкие системы, состоящие из двух или более компонентов (донора и акцептора водородной связи), между которыми образуются водородные связи, в результате чего они обладают низкой температурой плавления, высокой вязкостью, термической стабильностью и экологической безопасностью. Они соответствуют принципам «зелёной химии» и применяются как нетоксичные, биоразлагаемые растворители в различных областях — фармацевтике, металлургии, электрохимии и экстракционных технологиях.

В данной диссертационной работе исследуются системы на основе хлорида холина:глицерина, хлорида холина:этиленгликоля, бетаина:глицерина и бетаина:этиленгликоля, а их ингибиторные свойства по отношению к асфальтенам сравниваются с традиционным ингибитором

осаждения асфальтенов — додецилбензолсульфоновой кислотой. Это исследование направлено на развитие «зелёных» технологий и экологически чистых химических процессов и может внести значимый научный вклад в нефтедобычу и транспортировку нефти.

Таким образом, актуальность диссертационной работы заключается в необходимости поиска и изучения экологически безопасных и эффективных альтернативных растворительных систем, способных решить проблему образования асфальтеновых отложений при добыче нефти. Полученные результаты могут послужить основой для создания нового поколения ингибиторов, пригодных для промышленного применения.

Цель исследования: Синтезировать глубокие эвтектические растворители (ГЭР) в качестве нового поколения экологически безопасных ингибиторов осаждения асфальтенов, экстрагированных из тяжёлой нефти Каражанбасского месторождения, исследовать их физико-химические и ингибиторные свойства с целью повышения качества нефти, снижения воздействия на окружающую среду и уменьшения экономических потерь.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Синтезировать образцы глубоких эвтектических растворителей (ГЭР) на основе хлорида холина и бетаина в различных мольных соотношениях (1:2, 1:3) и определить их pH, плотность, вязкость и термические свойства.
2. Изучить структуру синтезированных ГЭР методами ЯМР (^1H и ^{13}C) и ИК-Фурье спектроскопии.
3. Провести экстракцию асфальтенов из нефти Каражанбасского месторождения и исследовать их структурные и термические свойства.
4. Приготовить модельную нефтяную систему на основе асфальтенов и оценить её стабильность.
5. Исследовать ингибиторное действие ГЭР против осаждения асфальтенов методами УФ-спектрофотометрии и оптической микроскопии, сравнив эффективность с традиционным ингибитором.

Объектами исследования являются: Глубокие эвтектические растворители, нефть месторождения Каражанбас, асфальтены, модельное масло.

Методы исследования: Экспериментальные исследования проводились с использованием современных высокоточных приборов (класс точности 0,3–1,0). Были использованы такие методы, как ИК-Фурье спектроскопия, ЯМР-спектроскопия по ядрам ^1H и ^{13}C , УФ-спектроскопия и оптическая микроскопия.

Научная новизна исследования

-Впервые синтезированы глубокие эвтектические растворители (ГЭР) на основе хлорида холина и бетаина, определены их физико-химические свойства.

-Впервые для нефти Каражанбасского месторождения в качестве ингибиторов осаждения асфальтенов применены ГЭР.

-Эффективность ГЭР как ингибиторов в предотвращении осаждения асфальтенов в модельной нефтяной системе доказана физико-химическими методами и сопоставлена с действием традиционного ингибитора.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость работы заключается в разработке новых глубоких эвтектических растворов, а также в углублённом объяснении их физико-химических свойств, структурных особенностей и механизмов взаимодействия с молекулами асфальтенов. Изучение взаимосвязи между структурой и свойствами ГЭР позволяет выявить ключевые факторы, влияющие на процессы агрегации и осаждения асфальтенов.

Практическая значимость заключается в оценке эффективности ГЭР в ингибировании процессов осаждения асфальтенов, что позволяет предложить новые, эффективные и экологически безопасные методы борьбы с асфальтеновыми отложениями при добыче и транспортировке нефти.

В целом, данная работа закладывает основу для нового направления, предлагающего альтернативные, экономичные и экологически чистые решения, применимые в нефтехимической промышленности.

Положения, выносимые на защиту:

-Синтезированы четыре новых глубоких эвтектических растворителя (ГЭР), доказано, что они представляют собой однородные, высоковязкие и термически устойчивые жидкости. Определены их физико-химические свойства (рН, вязкость, плотность, термическая стабильность), а также исследована эффективность воздействия на тяжёлые компоненты нефти.

-С помощью методов ^1H и ^{13}C ЯМР, а также ИК-Фурье спектроскопии подтверждены структура и чистота синтезированных ГЭР. Установлено образование водородных связей, что доказано как ключевой фактор, препятствующий осаждению асфальтенов.

-Исследованы структурные, элементные и термические характеристики асфальтенов, выделенных из нефти Каражанбасского месторождения. Определено, что асфальтены обладают термической стабильностью в интервале 30–450 °С, а отношение С/Н, близкое к 1, указывает на высокий уровень ароматических структур, являющихся основной причиной их химической устойчивости.

- Впервые для ингибирования осаждения асфальтенов в казахстанской нефти применены ГЭР, эффективность которых сравнительно оценена с традиционными ингибиторами. Согласно данным УФ–видимой спектроскопии и оптических исследований, установлено, что ГЭР на основе хлорида холина проявляют ингибирующие свойства в 1,5 раза выше, чем ГЭР на основе бетаина.

Личный вклад автора, публикации и апробация практических результатов работы.

Личный вклад автора заключается в анализе и критической оценке данных литературных источников, проведении экспериментальных исследований, применении физико-химических методов анализа, систематизации и интерпретации полученных результатов, а также формулировании научных выводов на основе проведённых исследований.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы были представлены и обсуждены на «Frontier Symposium of Engineered Science», проходившем в смешанном (очно-дистанционном) формате с 23 по 29 июня 2024 года в Республике Казахстан, г. Астана.

Публикации. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 5 совместных авторских изданиях, включая 1 статью в международном научном журнале, индексируемом в базе данных Scopus; 3 статьи в журналах, рекомендованных Комитетом контроля в области образования и науки Министерства образования и науки Республики Казахстан; а также 1 материал на международных и республиканских научных конференциях.

Структура и объём диссертации

Диссертационная работа включает нормативные ссылки, перечень обозначений и сокращений, введение, три главы, заключение и список использованных источников. Общий объём работы составляет 98 страниц и включает в себя 12 таблиц и 46 рисунка. В список использованных источников вошли 174 наименования.