

## АННОТАЦИЯ

диссертационной работы на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D073900- «Нефтехимия»

**ПАНОВА ЕЛЕНА СЕРГЕЕВНА**

### **РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ И ПОДГОТОВКИ ПЛАСТОВЫХ ВОД ДЛЯ ПОВТОРНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ**

**Актуальность темы.** Современное состояние нефтедобывающей отрасли Республики Казахстан характеризуется переходом большинства крупных месторождений (Узень, Ботахан, Каражанбас и др.) на позднюю стадию разработки. Этот этап сопровождается прогрессирующим ростом обводненности продукции (до 80–90 %), что приводит к формированию экстремально устойчивых водонефтяных эмульсий.

Научная и практическая актуальность работы обусловлена следующими факторами:

- сложность состава сырья: наличие в нефтях Западного Казахстана значительных концентраций асфальтенов, смол и парафинов в сочетании со сверхвысокой минерализацией пластовых вод (до 320 г/л) создает на границе раздела фаз сверхпрочные бронирующие слои. Это делает традиционные промышленные деэмульгаторы малоэффективными и требует неоправданно высоких дозировок реагентов и температур нагрева разрушаемых водонефтяных эмульсий;

- энергоэффективность и экология: в условиях глобального тренда на снижение углеродного следа и энергопотребления, разработка реагентов для деэмульсации без термической обработки является критически важной задачей. Это позволяет значительно снизить затраты на подогрев продукции скважин и сократить выбросы продуктов сгорания топлива в атмосферу;

- замкнутый цикл водопользования: эффективность подготовки нефти напрямую коррелирует с качеством попутно добываемой воды. Учитывая дефицит водных ресурсов, разработка методов глубокой очистки пластовых вод для их повторной закачки в пласт (системы ППД) является стратегической задачей для рационального природопользования в нефтедобыче.

Таким образом, разработка научно обоснованных композиционных реагентов и инновационных методов реагентной доочистки вод на основе активированных алюминиевых сплавов представляет собой актуальную научно-техническую задачу, решение которой имеет важное значение для нефтегазового комплекса Республики Казахстан.

### **Цель исследования:**

Научное обоснование и экспериментальное подтверждение возможности получения высокоэффективных композиционных деэмульгаторов для аномально стойких водонефтяных эмульсий на основе промышленно производимых реагентов, а также методов глубокой очистки пластовых вод месторождений Казахстана.

**Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:**

1. Провести системный анализ физико-химических факторов агрегативной устойчивости водонефтяных эмульсий ряда месторождений Казахстана, включая исследование группового состава нефтей, ионного состава пластовых вод и структуры межфазных бронирующих слоев;

2. Обосновать и разработать составы композиционных деэмульгаторов на основе неионогенных ПАВ, обеспечивающих синергетический эффект при разрушении устойчивых эмульсий различного типа стабилизации и выявить закономерности взаимодействия их компонентов с использованием методов спектроскопии;

3. Провести сравнительную оценку эффективности разработанного реагента КНТУ-14 и промышленно применяемых деэмульгаторов в широком диапазоне температур и дозировок для обоснования возможности реализации энергосберегающих режимов подготовки нефти;

4. Разработать и исследовать метод глубокой реагентной очистки пластовых вод с использованием активированных алюминиевых сплавов, обеспечивающий их соответствие нормативным требованиям для повторного технологического применения в системах ППД.

### **Объектами исследования являются:**

Природные водонефтяные эмульсии и пластовая вода месторождений Ботахан, Кисымбай, Салтанат Балгимбаев, Узень и Каражанбас, а также пробы воды прудов дополнительного отстоя ТОО «АНПЗ».

### **Методы исследования:**

Исследования проводились с использованием современного аналитического оборудования, обеспечивающего высокую точность и воспроизводимость измерений. Погрешность измерений контролировалась в соответствии с требованиями действующих стандартов ГОСТ и методических рекомендаций.

Применялись такие методы как: ИК-спектрометрия, ЯМР-спектроскопия, УФ-спектрофотометрический анализ, термогравиметрический анализ (ТГА-ДТА), атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ICP-OES), также проводились лабораторные испытания эффективности деэмульгаторов (Bottle Test).

### **Научная новизна исследования:**

Впервые установлены закономерности агрегативной устойчивости водонефтяных эмульсий месторождений Западного Казахстана, которые обусловлены высоким содержанием смолисто-асфальтеновых компонентов, парафинов в нефти, а также высокой минерализацией пластовых вод на формирование прочных межфазных слоев.

Впервые установлено, что высокая деэмульгирующая эффективность композиционных реагентов КНТУ на основе Рандем-2208 и ПАВ серии Tween обусловлена формированием супрамолекулярной организации системы за счёт нековалентных взаимодействий, что приводит к синергетическому снижению ККМ, повышению межфазной активности и обеспечивает эффективную деэмульсацию аномально устойчивых водонефтяных эмульсий при пониженных температурах.

Выявлено, что использование разработанных реагентов позволяет параллельно с глубоким обезвоживанием водонефтяных эмульсий осуществлять обессоливание водной и нефтяной фаз до требований I группы качества, что позволяет уменьшать коррозионную активность.

Впервые разработан метод реагентной доочистки пластовых вод с использованием активированных алюминиевых сплавов, обеспечивающий удаление нефтепродуктов и ионов кальция, натрия, магния, железа.

**Теоретическая значимость работы** заключается в научном обосновании механизмов разрушения высокоустойчивых водонефтяных эмульсий на основе синергетического взаимодействия компонентов бинарной системы неионогенных ПАВ. Установлен адсорбционно-заместительный характер действия разработанных композиций КНТУ на границе раздела фаз, влияющий на морфологию и структуру межфазных бронирующих слоев в режиме деэмульсации при 25 °С. Впервые теоретически обоснована роль сопряженных процессов микрофлотации водородом, коагуляции и сорбции при использовании активированных алюминиевых сплавов для глубокой доочистки и частичного умягчения высокоминерализованных пластовых вод.

**Практическая ценность** исследования состоит в разработке эффективной рецептуры реагента КНТУ-14, обеспечивающей подготовку нефти до I группы качества при сниженных дозировках без энергетических затрат на термический подогрев сырья. Предложенный метод реагентной очистки воды активированными сплавами алюминия позволяет достичь нормативной чистоты (<15 мг/л) для повторного использования воды в технологических процессах поддержания пластового давления. Результаты работы подтверждены патентами РК.

### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Установлены закономерности агрегативной устойчивости водонефтяных эмульсий, обусловленные синергизмом смолисто-асфальтеновой стабилизации, сверхвысокой минерализации (до 320 г/л) и нейтрального рН пластовых вод, что обеспечивает формирование высокопрочных межфазных слоев и ингибирование процессов коалесценции.

2. Разработан и научно обоснован состав и технологическая эффективность серии композиционных деэмульгаторов КНТУ на основе Рандем-2208 и Tween-85, Tween-80, Tween-20. Установлено, что повышение деэмульгирующей активности обусловлено синергетическим эффектом, связанным с формированием супрамолекулярной организации системы за счёт нековалентных взаимодействий, приводящих к образованию смешанных мицеллярных структур и коадсорбции компонентов на границе раздела фаз, что обеспечивает эффективное разрушение устойчивых межфазных пленок, глубокое обезвоживание нефти в диапазоне 25–60 °С и снижение удельного расхода реагента до 80 ppm, что в 2–4 раза ниже по сравнению с промышленными аналогами (Рандем-2208, Диссолван).

3. Разработан реагентный метод очистки пластовых вод активированными алюминиевыми сплавами, основанный на синергии процессов коагуляции и сорбции. Метод обеспечивает удаление нефтепродуктов до следовых значений и сопутствующее снижение содержания ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , Fe и Mn для повторного технологического использования воды.

### **Связь диссертации с исследовательскими и государственными программами**

Диссертационная работа выполнена в рамках научно-исследовательских проектов, направленных на разработку технологий повышения эффективности подготовки нефти и решения экологических задач нефтегазовой отрасли.

Отдельные этапы работы выполнены в рамках следующих научно-исследовательских и хозяйственных договоров:

- «Научно-техническое обоснование инноваций химического кластера в области создания новых материалов и технологий для повышения эффективности и экологической устойчивости промышленного производства», проект № 2018/BR053630, договор № 259 от 28.03.2018 г.

- «Водородная энергетика активированных сплавов металлов в решении сложных экологических проблем», проект № 2018/AP0513541, договор № 110 от 05.03.2018 г.

- «Услуги по определению возможности применения способов удаления асфальтено-смоло-парафиновых отложений (АСПО) нефти в прудах дополнительного отстоя ТОО «АНПЗ»», договор № 943-17 от августа 2017 г.

- «Разработка способа химического разрушения донных отложений в мазутных резервуарах ТОО «ПНХЗ»», договор № 15146.06 от 30.03.2017 г.

- «Проведение экспериментальных лабораторных исследований и опытно-промышленных испытаний метода термохимического воздействия активированными сплавами на объектах нефтедобычи АО «Эмбаунайгаз»», договор № 888-105 от 20.07.2015 г.

- «Создание химических систем для нефтедобывающей и нефтетранспортирующей отрасли», проект № 753 МОН ГФ 13.15, договор № 544 от 07.04.2015 г.

- «Исследование нового способа обезвоживания и обессоливания нефти на установке подготовки нефти месторождения АО «Эмбаунайгаз»» Договор № 525-105 от 17.04.2014 г.

### **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 диссертации были доложены и обсуждены на 8-ой международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в процессах сбора, подготовки и транспортировки нефти и газа. Проектирование, строительство, эксплуатация и автоматизация производственных объектов-2019», (2019, Краснодар), международных научно-практических конференциях Сатпаевские чтения «Инновационные технологии- ключ к успешному решению фундаментальных и прикладных задач в рудном и нефтегазовом секторах экономики РК» (2019, Алматы), «Инновационные решения традиционных проблем: инженерия и технологии» (2018, Алматы), «Роль и место молодых ученых в реализации новой экономической политики Казахстана» (2015, Алматы).

**Публикации.** Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 12 изданиях, из которых 3 статьи в международных научных изданиях с процентиллями 56 и 31, входящих в базы данных Scopus; 1 публикация в издании, рекомендованном КОКСНВО МНиВО РК, 4 публикаций в материалах международных и республиканских научных конференций, 2 публикации, опубликованные в других научных журналах и изданиях, 2 патента.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа включает нормативные ссылки, перечень обозначений и сокращений, введение, три главы, заключение и список использованных источников. Общий объем работы составляет 113 страниц и включает в себя 37 таблиц и 20 рисунков. В список использованных источников вошли 114 наименований.