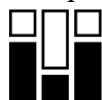


Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Направление подготовки 18.06.01 «Химическая технология»
Профиль 05.17.08 «Процессы и аппараты химических технологий»
Школа Инженерная школа природных ресурсов
Отделение Отделение химической инженерии

**Научный доклад об основных результатах подготовленной
научно-квалификационной работы**

Тема научного доклада
Разработка математической модели процесса обезвоживания водонефтяных эмульсий УДК 665.614.093.48:519.876

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
A8-52	Долгов Илья Русланович		01.06.2022

Руководитель профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Научный сотрудник ОХИ ИШПР	Белинская Наталия Сергеевна	к.т.н.		01.06.2022

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОХИ ИШПР	Короткова Елена Ивановна	д.х.н., профессор		01.06.2022

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Научный сотрудник ОХИ ИШПР	Белинская Наталия Сергеевна	к.т.н.		01.06.2022

Общая характеристика работы

Актуальность работы

В процессе добычи и транспортировки скважинной продукции по нефтегазосборным сетям до площадных объектов промысловой подготовки нефти образуется водонефтяная эмульсия. Для сокращения операционных затрат на перекачку товарной нефти и исключения проблем при последующей нефтепереработке необходимо обеспечить подготовку нефти до требований ГОСТ Р 51858-2020. Обезвоживание является одним из ключевых технологических процессов при подготовке скважинной продукции, который определяет, как качество, так и итоговую стоимость продукции.

Обоснованность технических решений является основным фактором, влияющим на капитальные и операционные затраты на проектируемый объект. На текущий момент в нефтегазодобывающих компаниях выбор наиболее оптимального способа подготовки нефти и требуемых параметров ведения технологического процесса осуществляется перед разработкой проектной документации на площадной объект либо по результатам моделирования процесса расслоения водонефтяной эмульсии в лабораторных условиях, либо на основании технологической схемы ведения процесса подготовки на объектах-аналогах.

Альтернативным способом прогнозирования процесса разделения эмульсий является математическое моделирование. В научной литературе представлены различные математические модели, позволяющих оценить требуемое время удерживания эмульсии в технологическом оборудовании, но все они основываются на эмпирических и полуэмпирических зависимостях, которые не учитывают все физико-химические процессы, протекающие при обезвоживании нефти. Следует отметить, что ни одна из существующих математических моделей не нашла широкого распространения в периметрах нефтегазодобывающих компаний.

В связи с тем, что водонефтяная эмульсия является сложной системой, устойчивость которой зависит от большого числа факторов, вопрос создания универсальной математической модели, позволяющей с достаточной точностью моделировать процесс обезвоживания и прогнозировать время расслоения эмульсии, представляет из себя актуальную научную задачу.

Цель научно-квалификационной работы

Создание математической модели промысловой подготовки нефти, учитывающей одновременно протекающие коллоидные процессы при обезвоживании водонефтяной эмульсии, для определения требуемого времени удерживания в отстойной зоне аппарата и подбора оптимального режима подготовки нефти.

Объектом исследования является процесс обезвоживания водонефтяной эмульсии, протекающий на площадных объектах промысловой подготовки нефти.

Предметом исследования являются закономерности физико-химических (коллоидных) процессов, протекающих при

обезвоживании водонефтяной эмульсии (бинарная коалесценция при седиментации и в слое плотной упаковки, поверхностная коалесценция).

Научная новизна

1. Предложен уровень детализации математической модели процесса обезвоживания водонефтяных эмульсий.

2. Установлены закономерности коллоидных процессов, протекающих при обезвоживании водонефтяной эмульсии, численно выраженные константами. Показано, что процесс бинарной коалесценции является наиболее быстропротекающим при разделении водонефтяной эмульсии (константа данного процесса в зависимости от условий протекания процесса обезвоживания составляет от $5,1 \times 10^{-3}$ до $5,25 \times 10^{-2} \text{ с}^{-1}$). Лимитирующим процессом при разделении водонефтяной эмульсии является бинарная коалесценция в слое плотной упаковки (значение константы данного процесса варьируется в диапазоне от $5,0 \times 10^{-16}$ до $7,5 \times 10^{-14} \text{ с}^{-1}$ в зависимости от условий протекания технологического процесса).

3. Установлены закономерности влияния дозировки деэмульгатора и температуры на обводненность водонефтяной эмульсии в диапазоне от 22 до 70 °С при отсутствии в системе деэмульгатора и при различных его дозировках (5, 10 г/т).

Теоретическая значимость работы

Результаты работы расширяют представления о физико-химических закономерностях процесса обезвоживания водонефтяной эмульсии. Определены ключевые процессы, одновременно протекающие при обезвоживании водонефтяной эмульсии, и посредством констант оценен вклад каждого из них.

Практическая значимость работы

Разработана математическая модель процесса обезвоживания водонефтяной эмульсии, позволяющая с достаточной точностью:

- описывать процесс обезвоживания водонефтяной эмульсии;
- дополнять существующие результаты лабораторных исследований промежуточными значениями и интерпретировать их;
- прогнозировать величину промежуточного эмульсионного слоя и объем выделившейся пластовой воды.

Разработанная моделирующая система может быть использована в периметре ПАО «НК «Роснефть» для принятия технических решений по подготовке нефти на ранней стадии проектирования, оптимизации режимы подготовки нефти на действующих промысловых объектах.

Методология и методы исследования

В работе применялся метод математического моделирования, для оценки величины констант использованы кривые расслоения, полученные в лабораторных условиях на искусственной эмульсии при помощи методики «болт-тест», расчет констант физических процессов для каждого сорта капель осуществлен при помощи симплекс-метода Недлера-Мида, для анализа

результатов лабораторных исследований и оценки погрешности расчетных кривых использовались методы математической статистики.

Апробация работы

Результаты диссертационной работы были представлены на научно-практических и научно-технических конференциях: на XIII, XIV, XV Региональных научно-технических конференциях молодых специалистов АО «ТомскНИПИнефть» «Проблемы разведки, разработки и обустройства месторождений нефти и газа», 2020-2022 гг., г. Томск; на XIV и XV Кустовых научно-технических конференциях молодых специалистов ПАО «НК «Роснефть» (2021-2022 гг. на площадке ООО «РН-БашНИПИнефть»); на XV Межрегиональной научно-технической конференции молодых специалистов ПАО «НК «Роснефть» (2021 г., г. Москва); на IX Международной конференции «Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа», 27 сентября-01 октября 2021 г., г. Томск (Институт химии нефти СО РАН); на научно-технической конференции «Цифровые технологии в добыче углеводородов: от моделей к практике» (ЦТ-2021), 05-08 октября 2021 г., г. Уфа (ООО «РН-БашНИПИнефть»); на IV научно-технической конференции «Технологии обустройства нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений», 07-08 сентября 2021 г., г. Томск; на XXI-XXIII Международных научно-практических конференциях студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке» имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера, 2020-2022 гг., г. Томск, НИ ТПУ.

Личный вклад состоит в выборе и обосновании актуальности научного направления исследований, определении ключевых коллоидных процессов, протекающих при обезвоживании нефти процесса, разработке математической модели, анализе экспериментальных данных, апробации математической модели на основании результатов лабораторных исследований, формулировке основных положений и выводов диссертационной работы.

Результаты исследований, изложенные в диссертационной работе, являются результатом работы автора под руководством кандидата технических наук Белинской Наталии Сергеевны (НИ ТПУ) и кандидата технических наук Полубоярцева Дмитрия Сергеевича (АО «ТомскНИПИнефть»). Автор благодарит всех, оказавших помощь в выполнении и обсуждении работы.

Публикации

По теме диссертационной работы опубликовано 6 работ, из них 1 статья в издании, входящем в перечень ВАК и включенном в международную базу цитирования Scopus.

Содержание работы

Во введении раскрыта актуальность темы научного исследования, определена цель и поставлены задачи работы, сформулированы научная новизна, практическая и теоретическая значимость работы.

В первой главе рассмотрены физико-химические особенности обезвоживания водонефтяной эмульсии. Рассмотрены существующие способы обезвоживания нефти, применяемые на промысле, и влияние технологических параметров на данный процесс.

Во второй главе дана характеристика объекта и предмета исследования и рассмотрены существующие подходы к моделированию процесса обезвоживания водонефтяной эмульсии, выделены достоинства и недостатки каждого из существующих подходов. Приведено обоснование принятого подхода к формированию математической модели.

В третьей главе приведены основные положения и допущения, заложенные в основу математической модели и приведено её описание. Представлены экспериментальные данные процесса обезвоживания водонефтяной эмульсии, полученные в лабораторных условиях и использованные для апробации модели.

В четвертой главе представлены результаты выполненных расчетов и приведены выводы по ним.

В заключении подведены итоги выполненного исследования.