

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
 Отделение школы (НОЦ) Отделение нефтегазового дела

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАССОЛЕНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ ВЕРХНЕЧОНСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)

УДК 622.276.6:622.245.549(571.53)

Студент

группа	ФИО	подпись	дата
3-2Б4В	Антипов Илья Николаевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень	Подпись	Дата
Доцент	Цибулькинова Маргарита Радиевна	к. г. н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Пулькина Наталья Эдуардовна			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу « Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень	Подпись	Дата
Доцент	Криницына Зоя Васильевна	к. т. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Максимова Юлия Анатольевна			

Томск – 2019г.

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
В соответствии с общекультурными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями		
P1	Приобретение профессиональной эрудиции и широкого кругозора в области гуманитарных и естественных наук и использование их в профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-7) (ЕАС-4.2а) (АВЕТ-3А)
P2	Уметь анализировать экологические последствия профессиональной деятельности в совокупности с правовыми, социальными и культурными аспектами и обеспечивать соблюдение безопасных условий труда	Требования ФГОС ВО (ОК-3, ОК-4, ОК-7, ОК-9) ПК-4, ПК-5, ПК-13, ПК-15.
P3	Уметь самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОК-7, ОК-8, ОК-9) (АВЕТ-3i), ПК1, ПК-23, ОПК-6, ПК-23
P4	Грамотно решать профессиональные инженерные задачи с использованием современных образовательных и информационных технологий	Требования ФГОС ВО (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6) (ЕАС-4.2d), (АВЕТ3е)
в области производственно-технологической деятельности		
P5	Управлять технологическими процессами, эксплуатировать и обслуживать оборудование нефтегазовых объектов	Требования ФГОС ВО (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-13, ПК-14, ПК-15)
P6	внедрять в практическую деятельность инновационные подходы для достижения конкретных результатов	Требования ФГОС ВО (ПК-1, ПК-5, ПК-6, ПК-10, ПК-12)
в области организационно-управленческой деятельности		
P7	Эффективно работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, обеспечивать корпоративные интересы и соблюдать корпоративную этику	Требования ФГОС ВО (ОК-5, ОК-6, ПК-16, ПК-18) (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d)
P8	Осуществлять маркетинговые исследования и участвовать в создании проектов, повышающих эффективность использования ресурсов	Требования ФГОС ВО (ПК-5, ПК-14, ПК17, ПК-19, ПК-22)
в области экспериментально-исследовательской деятельности		
P9	Определять, систематизировать и получать необходимые данные для экспериментально-исследовательской деятельности в нефтегазовой отрасли	Требования ФГОС ВО (ПК-21, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26)

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
P10	Планировать, проводить, анализировать, обрабатывать экспериментальные исследования с интерпретацией полученных результатов с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий	Требования ФГОС ВО (ПК-22, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26,) (АВЕТ-3b)
в области проектной деятельности		
P11	Способность применять знания, современные методы и программные средства проектирования для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов	Требования ФГОС ВО (ПК-27, ПК-28, ПК-29, ПК-30) (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
 Отделение школы (НОЦ) Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата)

 Максимова Ю.А.
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ **на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Б4В	Антипову Илье Николаевичу

Тема работы:

«Исследование процесса рассоления коллекторов Верхнечонского нефтегазоконденсатного месторождения (Иркутская область)»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 1829/с от 11.03.2019

Срок сдачи студентом выполненной работы:	04.06.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Пакет геологической информации по Верхнечонскому месторождению, тексты и графические материалы отчетов и научно-исследовательских работ, фондовая литература.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1.1. Географо-экономический очерк района работ. 1.2. Гидрогеология. 1.3. Нефтегазоносность. 1.4. Свойства и состав нефти, газа и конденсата, пластовой воды. 1.5. Оценки пространственного распределения ФЕС. 2.1. Основные этапы разработки месторождения. 2.2. Характеристика состояния разработки месторождения. 2.3. Функциональные возможности гидродинамических симуляторов воспроизведения процесса растворения солей. 2.3. Лабораторные исследования процесса рассолонения. 2.4. Динамика растворения солей в поровом пространстве

	керна пласта-коллектора Вч Верхнечонского месторождения при вытеснении нефти пресной водой. 3.1. Исходные данные для расчета сметы затрат на очистку ПЗП гидрожелонкой. 3.2. Расчеты по статьям. 3.3. Составление сметы затрат на очистку ПЗП гидрожелонкой. 4.1. Производственная безопасность при выполнении работ на БКНС. 4.1.2. Анализ выявленных опасных факторов. 4.2. Экологическая безопасность. 4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. 4.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Геолого-физическая характеристика месторождения. Разработка и исследование процесса рассолонения коллектора пласта Вч Верхнечонского месторождения	Пулькина Наталья Эдуардовна
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Криницына Зоя Васильевна
«Социальная ответственность»	Черемискина Мария Сергеевна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Геолого-физическая характеристика месторождения
Разработка и исследование процесса рассолонения коллектора горизонта Вч Верхнечонского месторождения
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение
Социальная ответственность

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Цибулькикова Маргарита Радиевна	к.г.н.		
старший преподаватель	Пулькина Наталья Эдуардовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б4В	Антипов Илья Николаевич		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
 Уровень образования бакалавр
 Отделение школы (НОЦ) Отделение нефтегазового дела
 Период выполнения (весенний семестр 2019 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	4.06.2019 г.
--	--------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
21.03.2019	Геолого-физическая характеристика месторождения	20
11.04.2019	Разработка и исследование процесса рассолонения коллектора горизонта Вч Верхнечонского месторождения	35
22.04.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
16.05.2019	Социальная ответственность	25

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Цибулькинова Маргарита Радиевна	К.Г.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Пулькина Наталья Эдуардовна			

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Максимова Юлия Анатольевна			

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 77 страниц, 10 рисунков, 17 таблиц, 20 источник.

Ключевые слова: ВЕРХНЕЧОНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ, НЕФТЬ, СКВАЖИНА, ЗАЛЕЖЬ, ПЛАСТ, КЕРН, ГАЛИТ, ПОРОВОЕ ПРОСТРАНСТВО, ПРЕСНАЯ ВОДА, ДОБЫЧА.

Объектом исследования является продуктивные пласты $V_{ч1}$, $V_{ч2}$ Верхнечонского нефтегазоконденсатного месторождения.

Цель работы – состоит в изучении влияния рассолонения коллектора на процесс добычи нефти.

Задачи: в рамках работы планируется оценить риски заводнения залежи пресной водой, дать прогнозную оценку влияния рассолонения на нефтеотдачу, оценить объёмы добываемой соли, описать динамику вытеснения нефти в засолонённом коллекторе.

В работе уделено внимание рассмотрению исследований проводимых на базе расчётов фильтрационных моделей, оценка возможностей гидродинамических симуляторов воспроизвести процесс рассолонения и сопровождающие его факторы, а также проверить корректность математических моделей взаимодействия слабоминерализованной воды с отложениями соли в породе, реализованных в гидродинамических симуляторах.

Данная выпускная квалификационная работа выполнена на персональном компьютере при использовании пакета MicrosoftOffice.

ОБОЗНАЧЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

РИТС – регионально инженерно-технологическая служба;

БКНС – блочная кустовая насосная станция;

ФЕС – фильтрационно-емкостные свойства;

ППД – поддержание пластового давления;

ЛЭП – линия электропередач

ГИС – геофизические исследования скважин

ИПТ – испытатель пластов на трубах

ПГИС – производственные геоинформационные системы

ГТМ – геолога технические мероприятия

ОПР – опытно-промышленные работы

ТННЦ – тюменский нефтяной научный центр

УЭС – удельное электрическое сопротивление

ТЗ – техническое задание

ПЗП – призабойная зона пласта

ПРС – подземный ремонт скважин

СВ – страховые взносы

ФОТ – фонд оплаты труда

ЧС – чрезвычайная ситуация

ЦНС – Центробежный насос секционный

СИЗ – средства индивидуальной защиты

НА – насосный агрегат

СДЯВ – сильнодействующие ядовитые вещества

ПЛА – план ликвидации аварии

КИН – коэффициентом извлечения нефти

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	11
1. ГЕОЛОГО-ФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ..	12
1.1 Географо-экономический очерк района работ	12
1.2. Гидрогеология	13
1.3. Нефтегазоносность.....	15
1.4. Свойства и состав нефти, газа и конденсата, пластовой воды	21
1.5. Оценки пространственного распределения ФЕС	24
2. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАССОЛОНЕНИЯ КОЛЛЕКТОРА ГОРИЗОНТА Вч ВЕРХНЕЧОНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	26
2.1. Основные этапы разработки месторождения.....	27
2.2. Характеристика состояния разработки месторождения	28
2.3. Функциональные возможности гидродинамических симуляторов воспроизведения процесса растворения солей	29
2.4. Лабораторные исследования процесса рассолонения.....	38
2.5. Динамика растворения солей в поровом пространстве керна пласта- коллектора Вч Верхнечонского месторождения при вытеснении нефти пресной водой.....	46
3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	53
3.1. Исходные данные для расчета сметы затрат на очистку ПЗП гидрожелонкой	56
3.2. Расчеты по статьям	56
3.3. Составление сметы затрат на очистку ПЗП гидрожелонкой.....	60
4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	61
4.1. Производственная безопасность при выполнении работ на БКНС.....	64
4.1.2. Анализ выявленных опасных факторов.....	67
4.2. Экологическая безопасность.....	70
4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	71
4.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	72

Заключение.	74
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	76

ВВЕДЕНИЕ

В настоящем времени в Российской экономике особую роль играет экспорт нефти и газа на мировой рынок. В связи с этим оптимизация технологических процессов в нефтяной и газовой отрасли России имеет огромное значение.

В представленной выпускной квалификационной работе рассматривается исследование процесса рассоления коллекторов Верхнечонского нефтегазоконденсатного месторождения.

В работе показаны расчеты, возможности симуляторов, гидродинамических воспроизведений процесса растворения солей, лабораторные исследования процесса рассоления, динамика растворения солей в поровом пространстве керна пласта-коллектора Вч Верхнечонского месторождения при вытеснении нефти пресной водой.

Основной итог данной работы состоит в том, что согласно проведённому исследованию рассолонение будет негативно влиять на процесс добычи нефти и снижать КИН уже в ближайшей перспективе.

На текущее время проблема не решена, все исследования, проведенные тюменским нефтяным научным центром (ТНЦ), не дали результатов по решению проблемы.

Материалом для выпускной квалификационной работы (ВКР) послужили данные, собранные автором за время работы начальником смены РИТС укрупненного нефтепромысла.

Мною проводилась работа, которая заключалась в ведении технологического процесса при всех способах добычи нефти и газового конденсата. В обязанности начальника смены регионально инженерно-технологической службы (РИТС) входило: контроль работы фонда нефтяных и нагнетательных скважин, составление геолого-технических мероприятий, ежемесячный расчет добычи и закачки воды, контроль промысловых геофизических исследований, процесса бурения и освоения скважин и т.п.

1. ГЕОЛОГО-ФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

1.1. Географо-экономический очерк района работ

Верхнечонское нефтегазоконденсатное месторождение находится в Катангском районе Иркутской области.

Месторождение расположено в 100 км от районного центра п. Ербогачен, в 250 км от г. Киренска и в 420 км от г. Усть-Кута. Ближайший населенный пункт (п. Преображенка) находится в 50 км, ближайшие нефтегазовые месторождения (Дулисьминское, Ярактинское, Марковское) в 190...310 км (Рис. 1) [9].

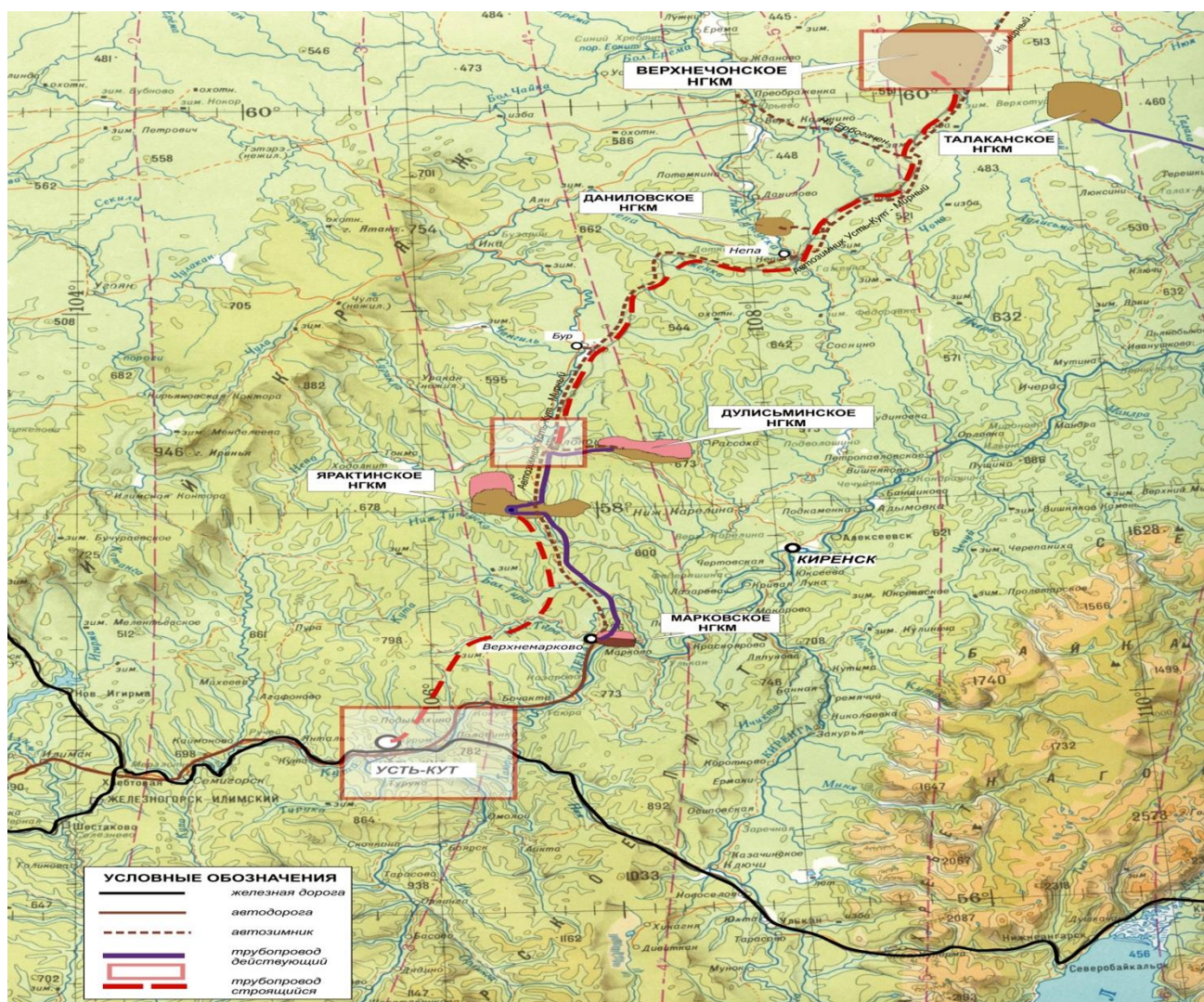


Рисунок 1 – Обзорная схема месторождений Иркутской Области
Масштаб 1:200 000, 1997 г.г. [9].

Постоянные дороги в районе отсутствуют. Связь с г. Усть-Кутом возможна по зимнику или по реке Лене (до п. Чечуйск).

В географическом, месторождение расположено в пределах Средне-Сибирского плоскогорья и представляет собой слабовсхолмленную равнину с относительными превышениями 120...150 м (абсолютные отметки колеблются от 320 до 470 м).

Пути сообщения района весьма ограничены.

В качестве источников энергоснабжения при проведении буровых работ на месторождении могут использоваться дизельные станции внутреннего сгорания, ЛЭП на территории месторождения отсутствует.

Район работ сейсмически не активен, по карте сейсмического районирования СССР (1983 года) сейсмичность на площади месторождения равна 5 баллам.

1.2. Гидрогеология

Водоносность Верхнечонского месторождения изучена по информации глубокого и колонкового бурения.

В пределах месторождения водоносные горизонты проявляют себя как водопрооявлениями, так и поглощениями жидкости. Были зафиксированы и самоизливы в верхоленской, литвинцевской, булайской свитах (в основном с глубин до 500 м). Поглощающие зоны отмечались в различных интервалах разреза. Интенсивность поглощений различная – от 0.1 м³/час до полной потери циркуляции.

По ГИС было выделено 15 водоносных объектов, рекомендованных для испытания в 14 скважинах глубокого бурения. В 10 объектах (9 скважин) насыщение подтвердилось, из 2 объектов в 2 скважинах получен приток фильтрата бурового раствора. Из 3 объектов (3 скважины) получены притоки нефти или газа.

При работе в открытом стволе испытатель пластов на трубах (ИПТ), вода с нефтью или газом была получена из 4 объектов в 4 скважинах, вода без нефти или газа – только из 3 объектов в 3 скважинах, фильтрат бурового раствора с пластовой водой, газ, нефть – из 30 объектов в 24 скважинах. Из 2 объектов в 2 скважинах получена водонефтяная эмульсия. Практически во всех объектах замерялись динамические уровни.

При испытании в колонне «чистая» вода получена из 14 объектов в 11 скважинах, пластовая вода с нефтью или газом – из 40 объектов в 23 скважинах, фильтрат бурового раствора с примесью пластовой воды, нефти или газа – из 36 объектов в 23 скважинах. В отдельных объектах были замерены динамические уровни. Замерены пластовые и забойные давления.

На территории месторождения пробурены 72 гидрогеологические скважины для питьевого и технического водоснабжения. Практически во всех скважинах замерены статические уровни, за исключением скважин: 45 – без воды, 43, 76, 78 – переливали.

Из скважин глубокого бурения отобраны пробы воды на химический анализ.

Водяные объекты в колонне были испытаны в 20 скважинах (30, 31, 37, 39, 46, 53, 59, 70, 73, 74, 76, 77, 82, 83, 91, 103, 105, 113, 122, 128) – 34 объекта. Проведены исследования верхнечонского, преображенского, усть-кутского, осинского горизонтов и коры выветривания.

Вызов притока осуществляли с помощью комплекта КИИ-95, компрессора АКС-8М путем снижения уровня до установления постоянства химического состава воды, которое контролировали по ее плотности.

После достижения постоянства состава жидкости зарегистрировали кривые притока и восстановления уровня (давления). Определяли статический уровень, замеряли пластовые давления и температуры.

При долгом периоде восстановления пластовое давление определялось путем экстраполяции или методом долива скважины пресной водой. Глубинные пробы отбирались при достижении постоянства химического состава с

помощью пробоотборника ВПП-300. Анализы пластовых вод выполнены в ВостСибНИИГГиМС.

Дебиты пластовой воды при динамических уровнях от 726-800 до 1580 м изменялись от 0.2-3.7 до 5.1-23.3 и в трех скважинах от 102 до 160 м³/сут [11].

Характеристика водоносных горизонтов

В разрезе месторождения водоносные горизонты и комплексы объединяются в три гидрогеологические формации: надсолевую, соленосную и подсолевую.

Надсолевая гидрогеологическая формация составляет верхнюю часть разреза до глубин 200-300 м – от четвертичных отложений до верхоленской свиты включительно. Эти отложения в значительной степени дренируются речной сетью и являются зоной активного водообмена.

Соленосная гидрогеологическая формация включает водоносные комплексы литвинцевской, ангарской, булайской и бельской свит, а также верхнюю часть усольской свиты (балыхтинский горизонт). Водовмещающими горизонтами являются карбонатные коллекторы, водоупорами для них служат пласты каменной соли или плотные сульфатно-карбонатные и глинистые породы.

Подсолевая гидрогеологическая формация объединяет осинский горизонт (совместно с надосинским пластом) и все нижележащие толщи до фундамента включительно.

Водопроявления в средне-верхнемотско-усольском водоносном комплексе связаны с надосинским пластом, осинским, устькутским и преображенским горизонтами [2].

1.3. Нефтегазоносность

Верхнечонское месторождение находится на территории Непско-Ботуобинской нефтегазоносной области, входящей в состав Ленско-Тунгусской нефтегазоносной провинции.

На части территории, административно относящейся к Иркутской области, открыт ряд месторождений нефти и газа – Марковское, Ярактинское, Аянское, Даниловское, Дулисьминское, Пилюдинское, Вакунайское, Верхнечонское; относящиеся к республике Саха – Озерское, Нижнехамакинское, Центрально-Талаканское, Таранское, Хотого-Мурбайское, Средне-Ботуобинское и др. Промышленная продуктивность указанных месторождений приурочена к горизонтам подсолевого комплекса пород нижнего кембрия

Верхнечонское месторождение состоит из большого количества пластов, по степени геологического строения сложное.

Промышленная разработка на месторождении связана с песчаниками нижнемотской подсвиты (верхнечонские пласты $V_{ч1}$, $V_{ч2}$, $V_{ч1} + V_{ч2}$), карбонатами среднемотской подсвиты (преображенский пласт Пр), карбонатами усольской свиты (осинский горизонт – пласт Ос).

Перспективными на нефть и газ на месторождении являются карбонаты верхнемотской подсвиты (усть-кутские пласты – $U_{к1}$ и $U_{к2}$) и бельской свиты христофорский пласт – Хр).

Разведанные залежи углеводородов характеризуются сложным строением резервуаров в связи с невыдержанностью коллекторов как за счет изменения литологии пород, так и за счет локального засоления их порового пространства. Показаны сейсморазведочными работами разрывные нарушения, контролируют залежи с разным по фазовому состоянию углеводородным насыщением пластов-коллекторов. Литологическое ограничение и элементы тектонического экранирования залежей фиксируются во всех продуктивных горизонтах.

Кроме того, контролирующим элементом является так же стратиграфический фактор, выраженный в выклинивании базального нижнего продуктивного пласта $V_{ч2}$ и выклинивании глинистой перемычки между пластами $V_{ч1}$ и $V_{ч2}$.

При выделении подсчетных объектов руководствовались следующими критериями:

- взаиморасположение продуктивных пластов по разрезу;
- наличие надежных покрышек;
- тип коллектора, его литолого-физическая характеристика;
- положительная характеристика по ПГИС;
- получение промышленных притоков флюидов;
- различие в составе и свойствах насыщающих флюидов.

По состоянию изученности месторождения на 01.01.07 г. выявлено 18 залежей нефти и газа, из них 10 в песчаниках Верхнечонского горизонта, 4 в доломитах преображенского горизонта, 4 в карбонатах Осинского горизонта [10].

Характеристика залежей Верхнечонского месторождения

Верхнечонское месторождение многозалежное, в его разрезе выявлены пласты-коллекторы и связанные с ними углеводородные скопления в песчаниках нижнемотской подсвиты (верхнечонский горизонт – пласты Вч₂, Вч₁, Вч₁+Вч₂), в карбонатах среднемотской подсвиты (преображенский горизонт) и усольской свиты (осинский горизонт). В отдельных скважинах притоки нефти и газа получены также из карбонатов верхнемотской подсвиты (устькутский горизонт).

Разведанные залежи пластовые неантиклинального типа, приурочены к флекуре северо-западного погружения пород подсолевого структурного этажа осадочного чехла. Характеризуются сложным строением резервуаров в связи с невыдержанностью коллекторов как за счет изменения литологического состава пород, так и за счет локального засоления их порового пространства. Выделенные малоамплитудные (с высотой 5...7 м) разрывные нарушения контролируют залежи с разным по фазовому состоянию углеводородным насыщением пластов-коллекторов, имеющих разновысотные положения газожидкостных контактов. Литологическое ограничение и элементы тектонического экранирования залежей фиксируются во всех продуктивных

горизонтах. Кроме перечисленных факторов, влияющих на размещение залежей в продуктивном верхнечонском горизонте, залегающем в основании осадочного чехла на породах кристаллического фундамента, контролирующим элементом являются стратиграфический фактор, выраженный в выклинивании базального продуктивного пласта Вч₂ и выклинивании глинистой перемычки, отделяющей этот пласт от вышележащего пласта Вч₁.

Всего на Верхнечонском месторождении выявлено 18 залежей скопления углеводородов, из них десять залежей (залежи 1...10) связаны с песчаниками (Вч₂, Вч₁, Вч₁+Вч₂) верхнечонского горизонта, четыре залежи (залежи 11...14) с доломитами преображенского горизонта и четыре залежи (залежи 15...18) с карбонатами осинского горизонта. Ниже дается краткое описание залежей преображенского и осинского горизонтов.

Для залежей, выявленных в карбонатных отложениях, сохраняются основные закономерности, присущие залежам терригенного комплекса (верхнечонских пластов). Это те же литологически и тектонически экранированные залежи, расположенные на склоне флексуры, осложняющей Пеледуйское поднятие Непско-Ботуобинской антеклизы.

Низкоамплитудные тектонические нарушения, экранирующие залежи терригенных отложений, выявленные по данным сейсмики и испытания скважин, трассируются и в вышележащих отложениях мотской свиты, вплоть до ее кровли и в преображенском горизонте являются экранами для залежей разных блоков. В осинском горизонте достоверно сохраняется только Могинско-Ленский разлом, пересекающий его в центральной части месторождения в направлении с юго-запада на северо-восток. Остальные оперяющие разломы в осинском горизонте затухают, в результате чего происходит соединение блоков (I+II; III+IV+V+VI; VII+VIII) и слияние приуроченных к ним залежей. На северо-востоке месторождения в преображенском и осинском горизонтах роль тектонического экрана играет грабен северо-западного простирания, вскрытый скважинами 82, 94, 95, также унаследованный от подстилающих терригенных отложений.

Наряду с общими чертами имеются и некоторые отличия залежей карбонатных отложений. Это, прежде всего, большая литологическая выдержанность по площади и существенно более низкая проницаемость, обуславливающая трудности в освоении скважин и выяснении насыщения пласта. Насыщение, по крайней мере, для нефтенасыщенных пластов достоверно может быть определено лишь после вторичных методов воздействия и, прежде всего, после кислотных обработок. Для газовых залежей насыщение пластов в отдельных случаях может быть выяснено уже на стадии опробования скважин (73, 114 – Осинский горизонт; 78, 114 – преображенский горизонт), но в большинстве скважин притоки получены, также как и по нефтяным залежам, только после кислотных обработок [10].

Характеристика верхнечонского горизонта

Общая мощность Верхнечонского терригенного комплекса по площади месторождения изменяется от 8 до 63 м. Уменьшение толщины происходит в направлении с юго-востока на северо-запад.

Представлен комплекс двумя продуктивными песчаниковыми пластами, разделенными в восточной и центральной частях площади месторождения аргиллитовой перемычкой. Аргиллиты зеленые и бледно-серые, тонко-горизонтально слоистые, гидрослюдистые. Толщина ее уменьшается с юго-востока к северо-западу от 22,0-31,0 м до 2,5-0 м. В сторону уменьшения толщины аргиллитов отмечается опесчанивание разреза. Граница полного выклинивания перемычки проводится западнее и северо-западнее от линии расположения скважин 22, 44, 123, 201, 41, 26, 39, 76, 74. За пределами этой границы пласты Вч₁ и Вч₂ представляются как единый и индексируются Вч₁+Вч₂. В свою очередь, пласт Вч₂ постепенно выклинивается в северо-западном направлении и в скважинах, расположенных западнее линии скважин 88, 103, 12, 99, 900, 55, 78, 32 он полностью отсутствует. Кроме того, в скважинах 21, 26, 47, 63, 69, 75, 104, 106, 107, 128 коллектора пластов Вч₁ и Вч₂ замещены непроницаемыми породами.

Тип коллектора Верхнечонских продуктивных пластов поровый. Типы выявленных залежей пластовые, литологически и тектонически экранированные.

Нефтяное и газовое насыщение пластов связано с блоками I, II, III, IV, V, VIII, IX.

Покрышкой для залежей служит регионально выдержанная пачка аргиллитов, толщиной 7-11 м (репер).

Пласт Вч₂

Сложен песчаниками кварцевыми, полевошпатовокварцевыми. Общая толщина пласта меняется от 0 до 23 м. В скважинах №№ 21, 25, 26, 47, 55, 63, 69, 75, 104, 106, 107, 128 коллектор пласта замещен плотными непроницаемыми породами. Пласт опробован на приток в 68 скважинах, из них в 20 скважинах в процессе бурения и в 48 скважинах в колонне. Совместно с залегающим выше пластом Вч₁, соответственно, в 10 и 11 скважинах.

Пласт Вч₁

Прослеживается по площади месторождения повсеместно. Сложен песчаниками кварцевыми, хорошо отсортированными. Прослой глинисто-алевролитовых пород тонкие, редкие. Их толщина составляет 0,4-0,8 м. В скважинах 21, 26, 35, 47, 49, 53, 63, 64, 68, 69, 71, 72, 73, 75, 76, 79, 84, 88, 91, 94, 98, 104, 106, 107, 116, 123, 128 коллектор пласта замещен непроницаемыми глинистыми породами. Общая толщина пласта составляет 2,5-18-22 м. Пласт опробован на приток в 78 скважинах, из них в 39 скважинах в колоннах (Рис. 4), [10].

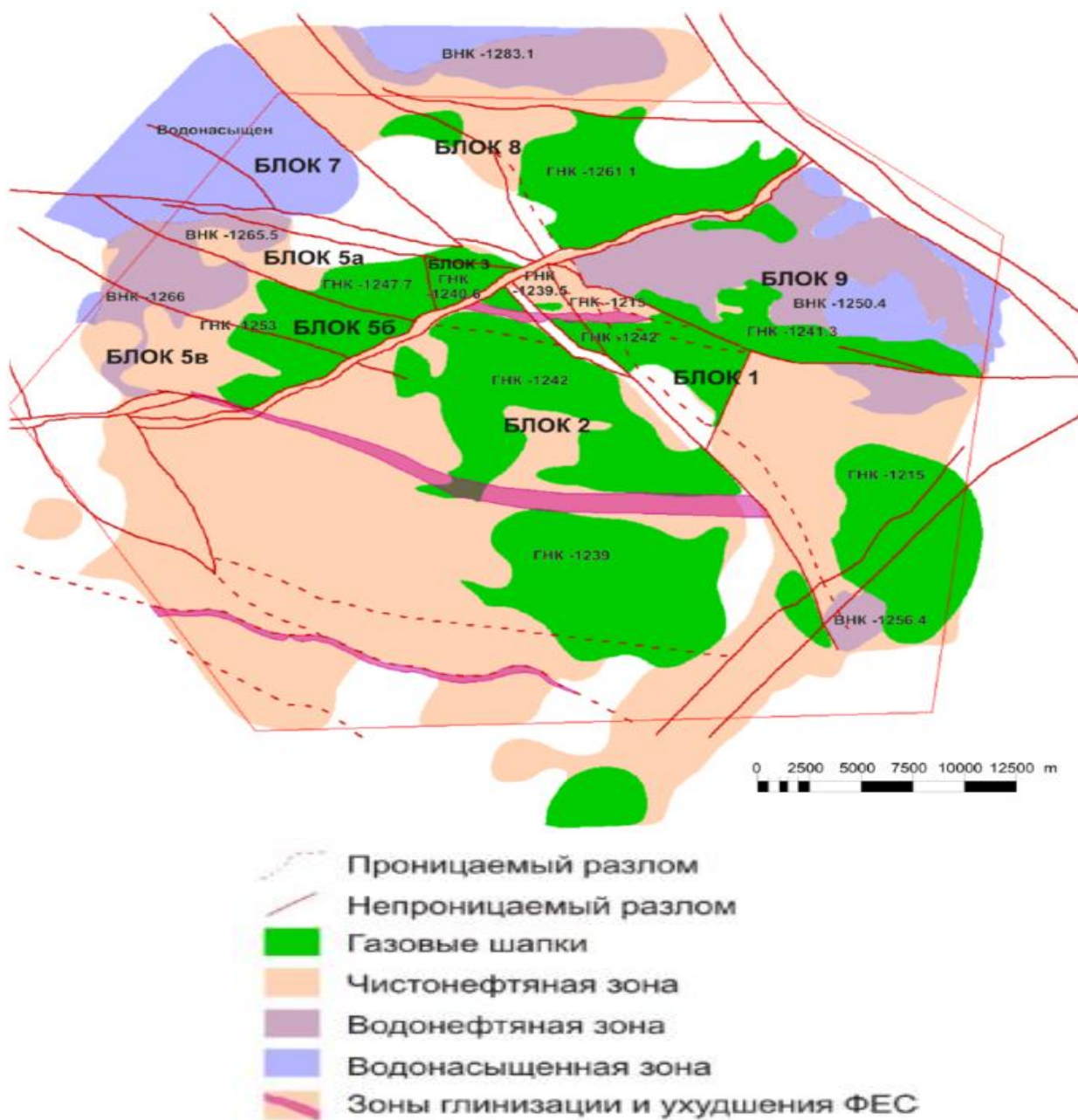


Рисунок 2 – Карта нефтегазоносности, масштаб 1:2500, 1994 г.г., [10]

1.4. Свойства и состав нефти, газа и конденсата, пластовой воды

Ниже по данным работы приводится краткая характеристика свойств нефти, газов и пластовой воды в поверхностных и пластовых условиях для каждого продуктивного горизонта.

Таким образом, состав и свойства нефтей и растворенных газов залежей различных пластов и блоков Верхнечонского месторождения имеют близкую характеристику.

По содержанию серы нефти относятся к малосернистым и сернистым, парафинистым, смолистым, содержащим значительное количество легкокипящих фракций. Коэффициент вязкости и объемный коэффициент нефти в пластовых условиях характеризуются как средние, при сравнительно высоком газосодержании.

Растворенный газ состоит, в основном, из метана, содержит в промышленных кондициях этан, пропан и бутан. Содержание гелия ниже кондиционного, при незначительном содержании азота и углекислого газа. Растворенный в нефти газ при плотности $0,889 \text{ кг/м}^3$ содержит (в %): метана – 73,66, этана – 11,52, пропана – 6,1, n-бутана 0,79, i-бутана – 0,71, пентанов – 0,71, азота – 1,51, углекислого газа 1,27, гелия 0,0089.

Конденсаты Верхнечонского месторождения легкие, практически полностью выкипают при температуре до 260°C , имеют низкую температуру застывания, содержат незначительное количество серы, смол и асфальтенов. По химическому составу они существенно метановые [10, 14].

Таблица 1 – Физико-химическая характеристика пластовой нефти Вч₁, Вч₂

Параметры	Единица измерения	Пласт Вч ₁	Пласт Вч ₂	Пласт Вч ₁ +Вч ₂
Давление насыщения	МПа	12,34	13,58	14,81
Пересчетный коэффициент	д. е. (%)	0,94	0,85	0,84
Газосодержание по многоступенчатому разгазированию	$\text{м}^3 / \text{т}$	66,4	90,3	96
Плотность нефти по многоступенчатому разгазированию	$\text{г} / \text{см}^3$	0,847	0,848	0,853
Динамическая вязкость пластовой нефти	$\text{мПа} \times \text{с}$	3,26	3,93	4

Таблица 2 – Свойства пластовой воды Вч₁, Вч₂

Наименование параметра	Верхнеченский горизонт (пласты Вч ₁ , Вч ₂)	
	Диапазон изменения	Среднее значение
Плотность воды, кг/м ³	1290	1290
Вязкость в условиях пласта, мПа*с	3.971	3.971
Коэффициент сжимаемости, 1/Мпа*10 ⁻⁴	4.63	4.63
Химический состав вод, (мг/л) / мг-экв./л	-	-
Na ⁺ + K ⁺	12670/390.6- 12830/475.08	12750/432.84
Ca ²⁺	113230/5651.45- 114220/5701.06	113723/5676.25
Mg ²⁺	10440/858.59- 13370/1099.55	11905/979.07
CL ⁻	241680/6816.10- 255050/7193.18	248360/7004.64
SO ₄ ²⁻	4/0.87-530/11.03	280/5.95
NH ₄ ⁺	230/13-250/13.83	240/13.42
Br ⁻	6530/81.66	6530/81.66
Общая минерализация, г/л	389.81-396.07	392.94
Жесткость общая, (мг-экв/л)	6510.03-6800.01	6655.32
Химический тип воды по В. А. Сулину	хлоридно-кальциевый	

1.5. Оценки пространственного распределения ФЕС

Оценки пространственного распределения фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) по каждому из пластов Верхнечонского газоконденсатнонефтяного месторождения позволяет выделить наиболее перспективные зоны наличия коллекторских свойств, рекомендованные для дальнейшего изучения и проведения ГТМ, в частности, зарезка боковых стволов.

Пласт ВЧ₁

В пределах пласта ВЧ₁ выделены две зоны с наибольшим приоритетом, расположенных на противоположных сторонах лицензионного участка: первая зона имеет более высокий приоритет в связи с наибольшей концентрацией высоких значений как пористости, так и проницаемости и охватывает южную часть IX блока, I блок и юго-восточную часть II блока, тогда как вторая зона, характеризующаяся меньшей концентрацией повышенных значений ФЕС располагается в западной части лицензионного участка и включает в себя V блок.

Пласт ВЧ₂

Скважины, в которых проводились исследования ФЕС пласта ВЧ₂ расположены в восточной и юго-восточной частях лицензионного участка. Распределение пористости и проницаемости в этих скважинах позволяет выделить две области с повышенными коллекторскими свойствами, разделяемые полосовидной зоной со средними значениями ФЕС по линии скважин 26-49-25-43-116. Большим приоритетом характеризуется область, находящаяся восточнее полосовидной зоны (блоки IX и I) по причине большей площади и плотности концентрации высоких значений коллекторских свойств пласта, тогда как область к востоку от зоны средних значений (юго-восточная часть блока II) выделяется более высоким средним значением пористости.

Пласт ВЧ₁₊₂

В зоне слияния пластов ВЧ₁ и ВЧ₂ аномалия с пониженными значениями коллекторских свойств в районе скважин 77 и 75 явным образом разделяет две

зоны с высокими ФЕС. Одновременным сочетанием большой площади и высокой концентрации повышенных значений пористости и проницаемости характеризуется зона, охватывающая центральную, северо-западную и северную части залежи блока II и северо-западную часть блока I. Существенно меньшую площадь при сохранении высоких значений коллекторских свойств имеет зона, располагающаяся в северной части блока VIII.

Проведенный анализ пространственного изменения ФЕС, позволяет выделить наиболее приоритетные зоны для дальнейшей разработки с применением новых методов и при внедрении новых технологий, для большей выработки запасов нефти.

Таблица 3 – Значения нижних пределов коллекторских свойств

Горизонт	Насыщен е	Нижние пределы	
		Коэффициент пористости (K_p), %	Коэффициент проницаемости ($K_{пр}$), мД
Осинский	нефть	-	0,1
	газ	-	0,1
Преображенский	нефть	6,0	0,1
	газ	6,0	0,1
Вч	нефть	6,2	0,9
	газ	4,0	0,4

2. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАССОЛОНЕНИЯ КОЛЛЕКТОРА ГОРИЗОНТА Вч ВЕРХНЕЧОНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Наличие солевых отложений вносит свой вклад в процесс эксплуатации объекта.

Согласно промысловым данным эксплуатации на всей разбуренной площади отбирается значительная масса соли, минерализация попутной воды в скважинах составляет в среднем 300 гр/л, что говорит о повсеместном засолонении коллектора.

Результаты экспериментов на керне показывают существенное увеличение пористости и проницаемости образцов, отмытых солерастворяющими жидкостями (вода, спирт), что является следствием изменения структуры порового пространства при растворении соли. В связи с этим возникает вопрос о влиянии рассолонения коллектора на процесс вытеснения нефти, поскольку в настоящее время на объекте Вч пластовое давление поддерживается закачкой пресной воды, активно растворяющей соль.

На данный момент накоплен богатый материал по изучению коллекторских свойств образцов породы до и после рассаливания – порядка 1500 экспериментов.

Построена петрофизическая модель горизонта Вч, где разработан инструмент интерпретации комплекса ГИС для определения степени засолонения породы в разрезе скважин. На основании петрофизических зависимостей рассчитано трёхмерное распределение отложений соли в геологической модели объекта Вч.

Всё это является информационной основой для проведения всестороннего исследования процесса рассолонения.

Процесс рассолонения сопровождается многими факторами и определяется многими параметрами, заранее неизвестными и требующими оценки.

Лабораторные эксперименты позволяют получить только приближённые значения параметров, так как содержат в себе погрешности измерений и погрешности самой методики эксперимента.

Весьма важным является оценить чувствительность системы к изменению входных данных, провести анализ неопределённости основных параметров. Эта задача решалась на синтетической фильтрационной модели.

Наконец, практически важные оценки и решение поставленных задач исследования получены на фильтрационной модели пласта Вч.

В рамках работы ТТНЦ по исследованию, выполнено построение фильтрационной модели отдельного участка объекта Вч, поскольку неопределённость исходных данных и основных параметров процесса не позволяют осуществлять полномасштабное моделирование объекта, и, кроме того, сам объект эксплуатации находится в начальной стадии разработки и история разработки сравнительно мала.

На объекте Вч выделен участок, где накоплен необходимый для анализа промысловый материал. И получены результаты исследования на секторной модели пласта Вч [7, 14].

2.1. Основные этапы разработки месторождения

Основным проектным документом стала «Технологическая схема разработки Верхнечонского нефтегазоконденсатного месторождения в Иркутской области», составленная в 1998г. институтом «ТатНИПИнефть» и утвержденная ЦКР Минэнерго (протокол от 22.04.1999г. № 2356).

На месторождении выделяется один самостоятельный объект разработки – терригенные пласты Верхнечонского горизонта ($V_{ч1}$, $V_{ч2}$ и $V_{ч1} + V_{ч2}$) и один возвратный объект – карбонатный пласт Преображенского горизонта (Пр).

Утвержденный вариант разработки предусматривает:

- применение равномерной треугольной сетки скважин с дифференцированной плотностью по блокам и участкам в зависимости от геолого-физических свойств;

- бурение определенного количества скважин в границах категории C_1 , в газонефтяной зоне бурение скважин с горизонтальными стволами;
- поддержание пластового давления с начала разработки методами заводнения, а впоследствии и водогазового воздействия;
- раздельная закачка воды и совместный отбор жидкости в зонах раздельного залегания пластов $B_{ч1}$ и $B_{ч2}$;
- закачка пресной воды в слабозасолоненных зонах, минерализованной или сточной воды – в средnezасолоненных зонах.

2.2. Характеристика состояния разработки месторождения

На Верхнечонском месторождении выделены три эксплуатационных объекта: Верхнечонский (Вч), Преображенский (Пр), Осинский (Ос). По решениям действующего проектного документа объект Вч находится в промышленной эксплуатации, на объекте Пр начаты опытно-промышленные работы (ОПР), объект Ос в разработку не введен.

В настоящее время значения основных технологических показателей разработки Верхнечонского месторождения определяются объектом Вч.

Месторождение введено в эксплуатацию с марта 2006 года. В первые два года, в связи с отсутствием необходимой инфраструктуры, добыча нефти велась периодически, единичными скважинами, проводилась пробная закачка воды. Промышленная разработка начата с сентября 2008 года, освоение системы поддержания пластового давления (ППД) ведется с июня 2009 года. На текущий момент Верхнечонское месторождение находится на первой стадии разработки, соответствующей разбурированию площади основным фондом скважин и формированию системы заводнения.

Текущее состояние реализации проектного фонда скважин в пределах Верхнечонского лицензионного участка приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Состояние реализации проектного фонда на 1.01.2019г.

Категория фонда	Вч, Пр
Утвержденный проектный фонд скважин, всего	919
в том числе:	
- добывающие	633
- нагнетательные	286
Фонд скважин на 01.01.2019, всего	705
в том числе:	
- добывающие	514
- нагнетательные	191

2.3. Функциональные возможности гидродинамических симуляторов воспроизведения процесса растворения солей

Рассматривались два гидродинамических симулятора: Eclipse и tNavigator.

Выбор симуляторов основывался исходя из следующих соображений: симуляторы имеют необходимый набор опций для реализации модели рассолонения коллектора; в рамках работ Департамента по сопровождению разработки построение/обновление фильтрационной модели объекта Вч осуществляется на симуляторе Eclipse; симулятор tNavigator позволяет без ущерба точности рассчитывать модели реализованные под Eclipse; наконец, имеются необходимые ресурсы для проведения исследования, в то время как привлечение иных симуляторов приведёт к значительному удорожанию проекта (приобретение дополнительных лицензий, обучение и т.п.).

Помимо этого, другие симуляторы реализуют практически один и тот же подход в описании процесса рассолонения.

При изучении возможностей симуляторов принимались во внимание результаты предыдущих исследований [7, 8].

Симулятор Eclipse, на данный момент, является основным рабочим инструментом построения и обновления фильтрационной модели сопровождения разработки объекта Вч.

Полноценное описание процесса рассолонения в симуляторе Eclipse возможно только в композиционном варианте симулятора E300.

В E100 предлагается опция Brine (солёный раствор), которая позволяет рассмотреть процесс смешивания пластовой и закачиваемой воды разной минерализации, определить состав смеси в единице объёма в данный момент времени и на основе этого рассчитать свойства смеси (вязкость, плотность, объёмный коэффициент). Изменение свойств коллектора при этом не учитывается.

E300 имеет широкий набор опций, позволяющих моделировать взаимодействие породы с насыщающими флюидами:

- опция компонентного состава воды, твёрдой фазы, химических реакций.

Опция компонентного состава воды позволяет описать минерализованную воду как двухкомпонентную систему; опция твёрдой фазы позволяет задать соль на поверхности породы (кристаллизованная соль). Опция химических реакций определяет переход кристаллизованной соли в раствор и обратно (Рис. 3), [8].

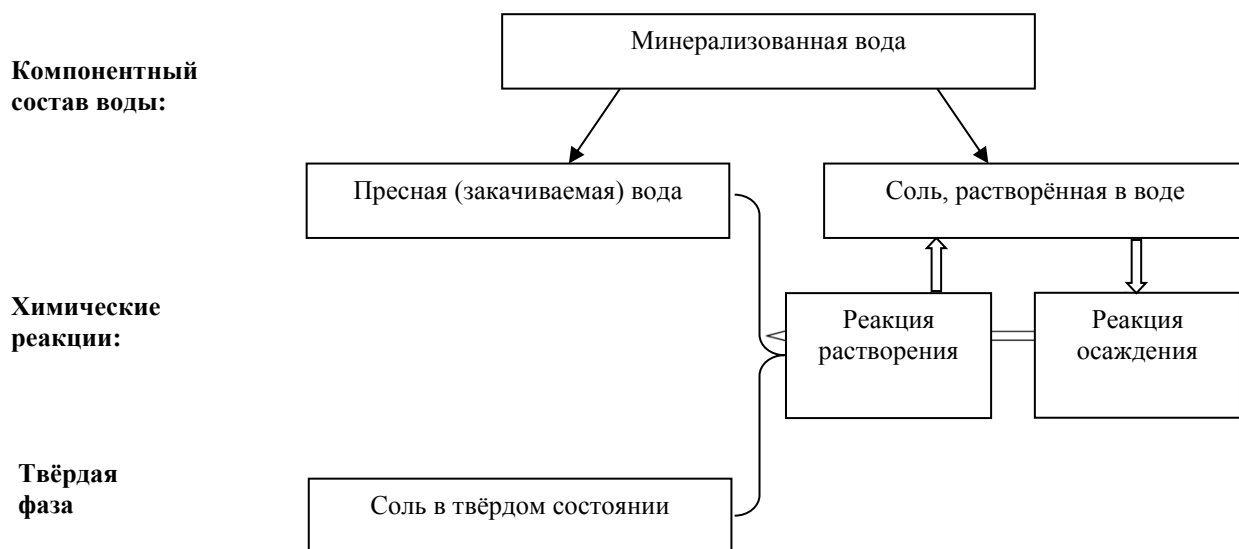
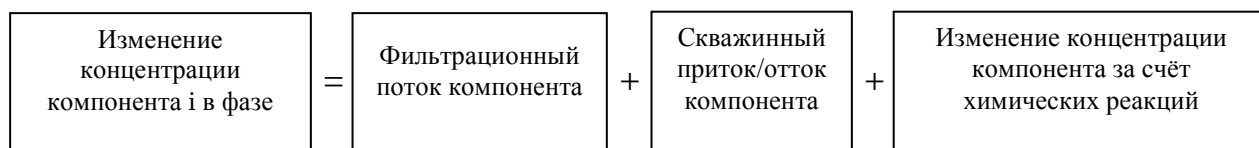


Рисунок 3 – Моделирование процесса рассолонения ECLIPSE 300, 2009 г.г., [8]

В общем случае с учётом фильтрационного потока и интенсивности источников/стоков изменение массы водного компонента определяется балансом потоков согласно схеме ниже:



Для описания свойств воды в модели Eclipse необходимо задать:

- количество компонент воды (в данном случае это два компонента);
- сжимаемости компонент при определённом давлении;
- плотности компонент;
- молекулярную массу каждой компоненты;
- вязкости чистых компонент.

Значения свойств компонент, используемых в данном исследовании, представлены ниже в таблице 5.

Таблица 5 – Свойства пресной воды, соли NaCl и предельного раствора

Свойство	Ед. изм	Пресная вода	Соль (NaCl)	Насыщенный раствор (400 гр/л)
Плотность	гр/см ³	1.000	2.165	1.290
Молярный вес	гр/гмоль	18	58.443	21.8
Сжимаемость при Рпл	1/атм	$2.22 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$2.22 \cdot 10^{-5}$
Вязкость	сПз	1.2	27.35	4.6

Вязкость соли рассчитана на основе молярных долей воды и соли в насыщенном растворе, и вязкостей пресной воды и насыщенного раствора: молярная доля воды ω_{wat} в растворе с концентрацией соли 400 гр/л составляет примерно 0.87, молярная доля соли – 0.13. Из уравнения $\mu_p = \omega_{\text{wat}}\mu_{\text{wat}} + \omega_{\text{zait}}\mu_{\text{zait}}$ находим вязкость соли 27.35 сПз как компонента раствора.

Для описания твёрдой фазы требуется задать:

- молярный вес соли, плотность, сжимаемость, начальное содержание соли.

Твёрдая фаза (кристаллизованная соль) заполняет поровое пространство и определяется в долях порового объёма. При растворении соли поровое

пространство освобождается, поровый объём, соответственно, увеличивается. В модели Eclipse освобождённый поровый объём по умолчанию занят водой.

Общий поровый объём определяется как сумма объёмов, занятых флюидами и твёрдой фазой:

$$V_{\text{poro}} = V_{\text{fluid}} + V_{\text{solid}} = (V_{\text{oil}} + V_{\text{gas}} + V_{\text{wat}}) + V_{\text{solid}}$$

Введение в модель твёрдой фазы требует провести перерасчёт объёмов, занимаемых каждой фазой и общего порового объёма - симулятор автоматически нормирует насыщенности фаз и пересчитывает поровый объём через множитель $\frac{1}{1-S_{\text{solid}}}$. Поэтому в модели с рассолонением, задавая насыщенность твёрдой фазы S_{solid} , необходимо задать пористость, предварительно умноженную на величину $(1-S_{\text{solid}})$, иначе поровый объём в модели будет неоправданно завышен.

Начальное содержание соли определяется на основе данных петрофизической и геологической моделей. По оценкам текущей геологической модели, начальное засолонение коллектора меняется в пределах от 0.1 до 0.83 д.е. порового объёма [7,8].

Свойства соли представлены в таблице 5.

Процесс взаимодействия воды с солью в породе определяется:

- стехиометрическими коэффициентами реакций растворения и осаждения;
- константами скоростей реакций.

Дополнительно Eclipse позволяет учесть влияние пористости на скорость реакции (как фактор площади поверхности контакта реагирующих веществ).

Реакции растворения и осаждения, в принятых ранее обозначениях, могут быть записаны в виде:

- 1) $a[\text{WAT}] + b[\text{SOLID}] \rightarrow A[\text{WAT}] + B[\text{SOLID}] + E[\text{SALT}];$
- 2) $d[\text{SALT}] \rightarrow D[\text{SALT}] + F[\text{SOLID}].$

Поскольку пресная вода в результате реакции растворения никуда не исчезает, то $A = a$. Значения коэффициента A можно принять равным 1.

Основной проблемой в описании процесса растворения солей является подбор параметров реакций таким образом, чтобы при достижении концентрации растворённой соли в воде 400 гр/л, обе реакции находились в равновесии. Т.е. количество твёрдой соли, переходящей в раствор, было равно количеству соли, возвращающейся из раствора в твёрдое состояние.

Математическая модель растворения солей в симуляторе Eclipse соответствует уравнениям (1) - (3).

Аналитическое решение системы уравнений (1)-(3) имеет следующую структуру (на примере твёрдой фазы):

$$C_{\text{solid}}(t) = S_{\text{solid}}^{\text{B} C_{\text{wat}} F(K_p, K_c, B, b, D, d)}, \quad (1)$$

где S_{solid} – начальное содержание соли в породе, $F(K_p, K_c, B, b, D, d)$ – некоторая линейная функция от стехиометрических коэффициентов и констант скоростей реакций, t – время, C_{wat} – концентрация пресной воды (как компоненты минерализованной воды).

На основе данного решения возможно определить неизвестные значения стехиометрических коэффициентов и констант скоростей реакции, которые будут обеспечивать равновесие реакций, из условия:

$$\frac{dC_{\text{solid}}}{dt} = \frac{dC_{\text{salt}}}{dt} = 0, \text{ при } C_{\text{salt}} = 400 \text{ гр/л}, \quad (2)$$

Проанализируем решение системы (1) – (3). Из структуры решения видно, что изменение концентраций соли в породе и в растворе зависит от начального засоления породы.

Это значит, что выполнение условия (2) при определённых значениях параметров реакций будет справедливо только для конкретного значения начального содержания соли. Для любого другого значения начального солесодержания S_{solid} условие равновесия будет достигнуто уже при иной концентрации соли в растворе.

В качестве примера на рисунке 4 показаны графики изменения концентрации соли в породе и растворе, на основе решения, полученного при начальном солесодержании $S_{\text{solid}} = 0.2$. И графики изменений концентраций для значения $S_{\text{solid}} = 0.8$, рассчитанные на основе этого же решения.

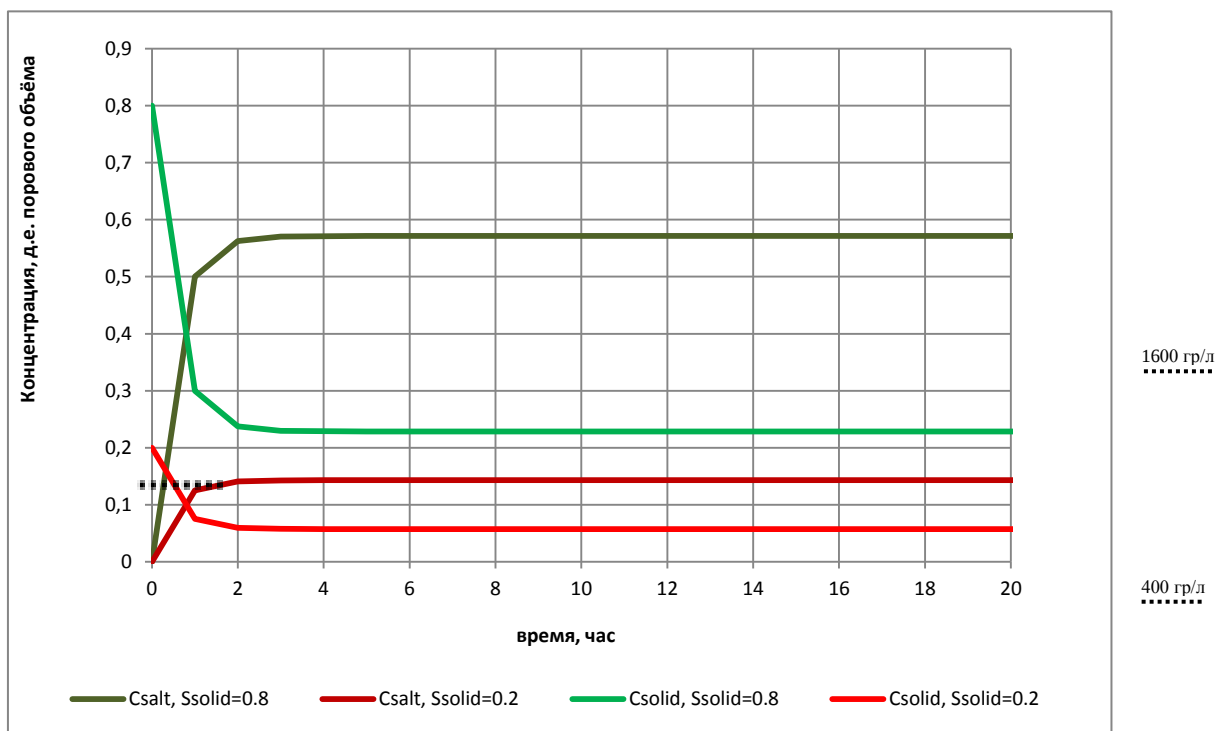


Рисунок 4 – Динамика концентраций соли в породе и в растворе при различном начальном содержании соли в породе

Как видно, в случае большего начального содержания соли в породе растворение согласно решению для $S_{solid} = 0.2$ не прекратилось после минерализации раствора до величины 400 гр/л, равновесной для $S_{solid} = 0.2$, и в итоге растворился в 4 раза больший объем соли, равновесная концентрация соли в растворе составила 1600 гр/л.

Для ограничения компонентных превращений в химических реакциях определяют так называемую константу равновесия, при достижении которой реакции прекращаются.

В гидродинамическом симуляторе CMG опция констант равновесия химических реакций доступна также для компонент воды, что позволяет корректно описать процесс растворения пластовой соли. Однако в Eclipse данная опция доступна только для углеводородных компонент.

Выходом из этой ситуации в симуляторе Eclipse может быть более грубая модель растворения (Рис.5).

Компонентный
состав воды:

Химические
реакции:

Твёрдая
фаза

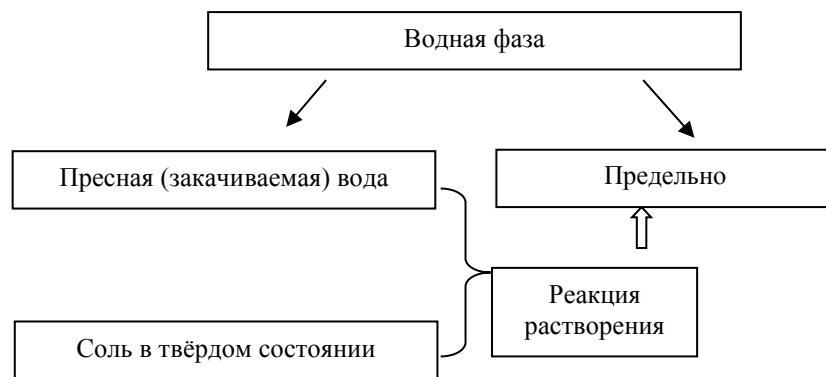
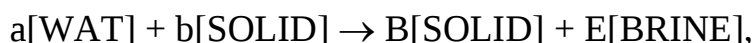


Рисунок 5 – Схема упрощенной модели растворения соли водой в E300

Водная фаза представляется двумя компонентами: пресной закачиваемой водой и раствором с заданной предельной концентрацией соли и соответствующими свойствами.

В данной схеме достаточно задать одну реакцию:



в результате которой, весь объем пресной воды при контакте с кристаллизованной солью превращается в предельно насыщенный раствор [BRINE].

Только в этом случае, возможно, избежать зависимость решения от начального содержания соли в породе, поскольку концентрация соли в растворе будет всегда одна и та же, вне зависимости от изменений содержания соли в породе.

Данная модель требует внимательного подбора параметров и позволяет рассматривать ограниченный класс прикладных задач. Например, нельзя рассчитать вариант разработки с закачкой воды различной степени минерализации.

Симулятор Eclipse, таким образом, оказывается не пригодным для детального описания процесса растворения соли и может быть использован только для грубой оценки процесса рассолонения.

Рассмотрим методы моделирования других факторов рассолонения.

Помимо увеличения порового объема при отмыве соли происходит увеличение проницаемости среды. Симулятор Eclipse позволяет учесть

изменение проницаемости через множитель подвижности компонент с помощью опции адсорбции твёрдой фазы [8].

Процесс рассолонения протекает в сторону уменьшения объёма соли в породе и увеличения проницаемости. Опция адсорбции Eclipse определяет этот процесс в обратном направлении – в сторону роста адсорбированной на поверхности породы твёрдой фазы и соответствующего уменьшения подвижности компонент.

Это вносит некоторое неудобство в использование, однако суть практически одна и та же: чем больше твёрдой фазы (адсорбента или соли) на поверхности породы, тем меньше подвижность флюидов. При этом в модели рассолонения следует задавать проницаемость, предварительно разделённую на множитель подвижности, соответствующий начальному засолонению рассматриваемого объёма (Рис.6).



Рисунок 6 – Схема пересчёта проницаемости в модели Eclipse с твёрдой фазой.

В общем случае процесс построения модели рассолонения в симуляторе Eclipse сводится к поиску множества параметров, описывающих этот процесс. На рисунке представлена примерная схема построения модели рассолонения, требующая решения ряда задач при описании процесса рассолонения.

Симулятор tNavigator предлагает более простую модель растворения солей.

Растворение солей, определяется как возможность минерализованной воды дополнительно растворить в себе соль.

Скорость реакции растворения выражается формулой:

$$W = k_p (M_{\text{пр}} - M), \quad (3)$$

где k_p – константа скорости реакции, 1/сут; $M_{\text{пр}}$ – масса соли в предельно насыщенном растворе, кг; M – текущее значение массы растворённой соли, кг.

В рамках данной математической модели не описывается обратная реакция осаждения и не требуется детальное описание процесса взаимодействия воды с кристаллами соли, с указанием стехиометрических коэффициентов, констант равновесия, констант скоростей реакций растворения и осаждения.

Таким образом, данная упрощённая модель значительно сокращает список неизвестных до одного параметра – константы скорости реакции.

При этом отметим, что константа скорости реакции по своей сути отличается от константы скорости реакции в законе действующих масс.

Выражение (3), является аналогом формул (1), указанной выше, но в отличие от уравнений (1), определяет, и увеличение массы соли в растворе, и уменьшение массы соли в твёрдом состоянии (в породе).

Из формулы (3) видно, что при увеличении массы соли в растворе скорость растворения линейно уменьшается и становится равной нулю при достижении предельного значения $M_{\text{пр}}$.

Реакция растворения начинается и протекает при выполнении следующих условий:

- наличия воды, с минерализацией меньше предельного значения;
- наличия отложений соли.

Свойства воды при различной степени минерализации в симуляторе задаются напрямую, что также упрощает моделирование процесса рассолонения.

Также напрямую задаётся изменение проницаемости в зависимости от объёма соли, перешедшей в раствор, в виде таблицы двух параметров:

отношения объёма растворённой соли к начальному объёму породы и множителя абсолютной проницаемости.

Кроме этого, в симуляторе tNavigator реализована опция изменения остаточной нефти при вытеснении водой в зависимости от концентрации соли в растворе, чего нет в других симуляторах.

В обоих симуляторах имеется возможность определить минерализацию (или состав) нагнетаемой воды, что необходимо для корректного построения модели разработки реального объекта.

Таким образом, симулятор tNavigator позволяет значительно снизить фактор неопределённости данных, рассматривая более простую модель растворения, и напрямую определяя в модели изменение реологии воды и структуры порового пространства, без необходимости подбирать многочисленные параметры системы [8].

2.4. Лабораторные исследования процесса рассолонения

В настоящее время на керне Верхнечонского горизонта проведено большое количество замеров, параметра пористости и абсолютной проницаемости образцов керна до и после рассолонения, порядка 1500 экспериментов. Данные эксперименты можно отнести к статичным замерам, поскольку определение параметров осуществлялось только в начале процесса отмыва и непосредственно после него.

Метод экспериментов состоит в том, что первоначально замеряются пористость и проницаемость высушенных и экстрагированных образцов. Затем образцы на длительное время укладывают в горячую дистиллированную воду и выдерживаются при температуре 85° С. Вода меняется и проверяется на содержание соли раствором AgNO_3 . При отсутствии реакции с AgNO_3 обессаливание образцов прекращается. Проводится новый замер пористости и проницаемости.

Измерения пористости и проницаемости рассолённых образцов имеют значительную неточность, поскольку после отмыва солей происходит

частичное разрушение образцов. Имеются и другие факторы, вносящие погрешность в оценку параметров (Рис. 7) [1, 14].

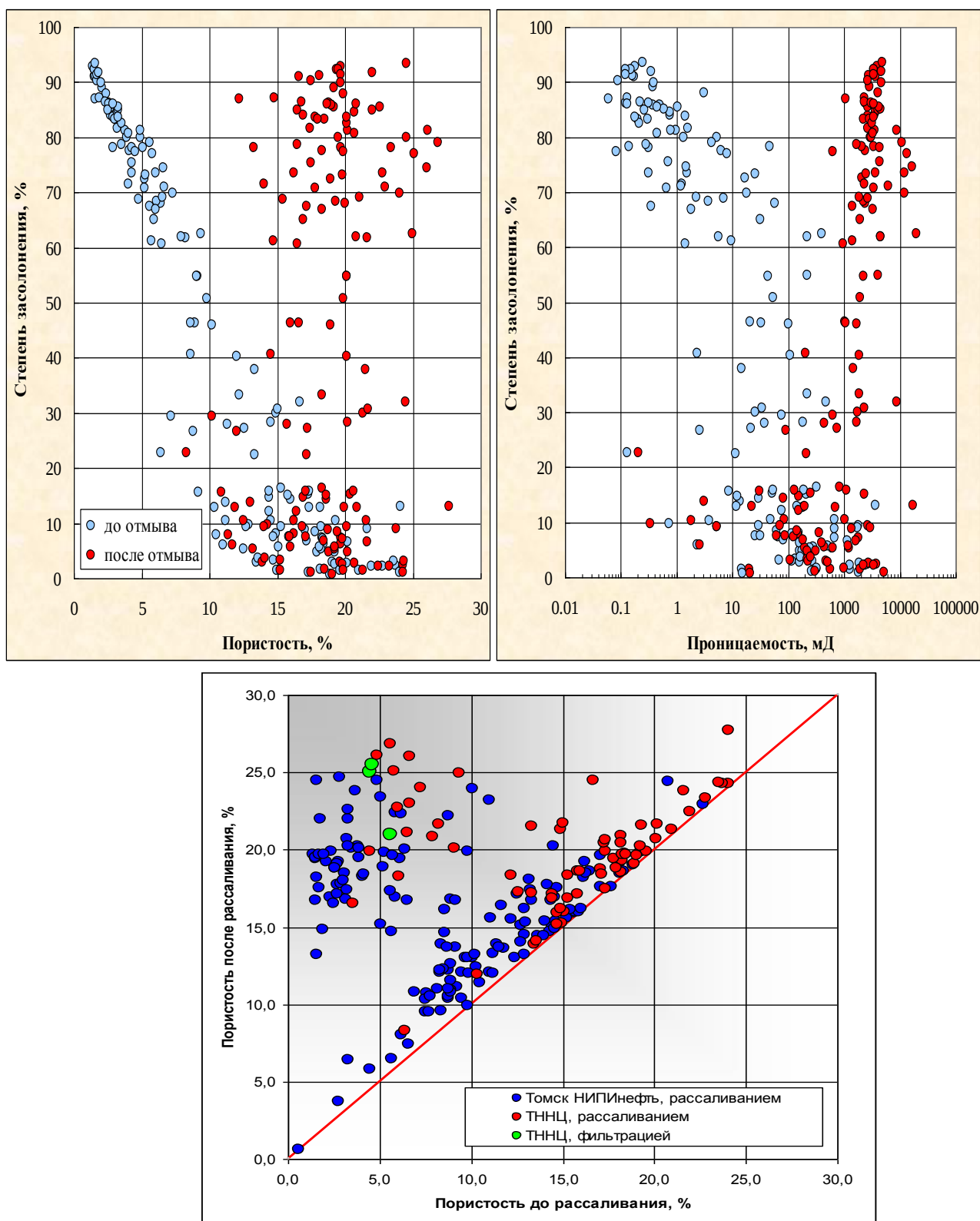


Рисунок 7 – Изменения ФЕС в стационарных опытах по рассолению на керне горизонта Вч

Тем не менее, оценивая кондиционность замеров, можно получить некоторые зависимости изменения ФЕС, пригодные для практического использования (рис. 8).

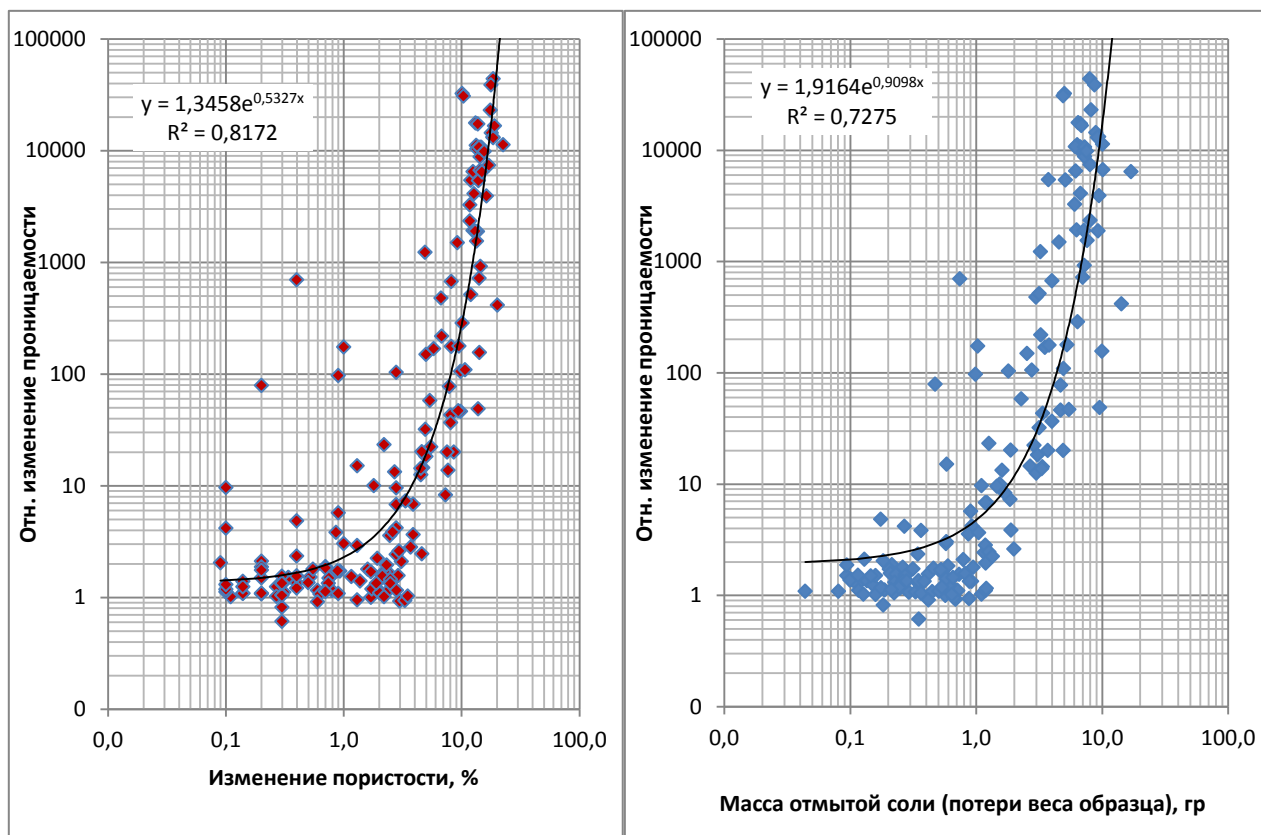


Рисунок 8 – Оценка изменения проницаемости образцов керна пласта
Вч после отмыва соли.

Для оценки изменения проницаемости, и реологии воды при рассолении породы интерес представляют потоковые эксперименты на керне, позволяющие посмотреть процесс в динамике.

В ТННЦ проведены три потоковых эксперимента на керне. Схема эксперимента состояла в том, что через колонку образцов керна, изначально насыщенных пластовой предельно минерализованной водой, фильтровалась пресная (дистиллированная) вода при пластовой температуре.

Фильтрация осуществлялась на нескольких режимах, характеризующихся постоянством расхода пресной воды. На каждом последующем режиме испытания расход повышали (Рис.9), [1]

При стабильных показаниях эксперимента определяли проницаемость модели по пластовой воде, электрическое сопротивление пористой среды и раствора, рассчитывали их удельное электрическое сопротивление (УЭС).

Через УЭС пористой среды находили параметр пористости, а затем и пористость. Через УЭС раствора находили по палеткам вязкость раствора на выходе из модели и концентрацию соли в растворе.

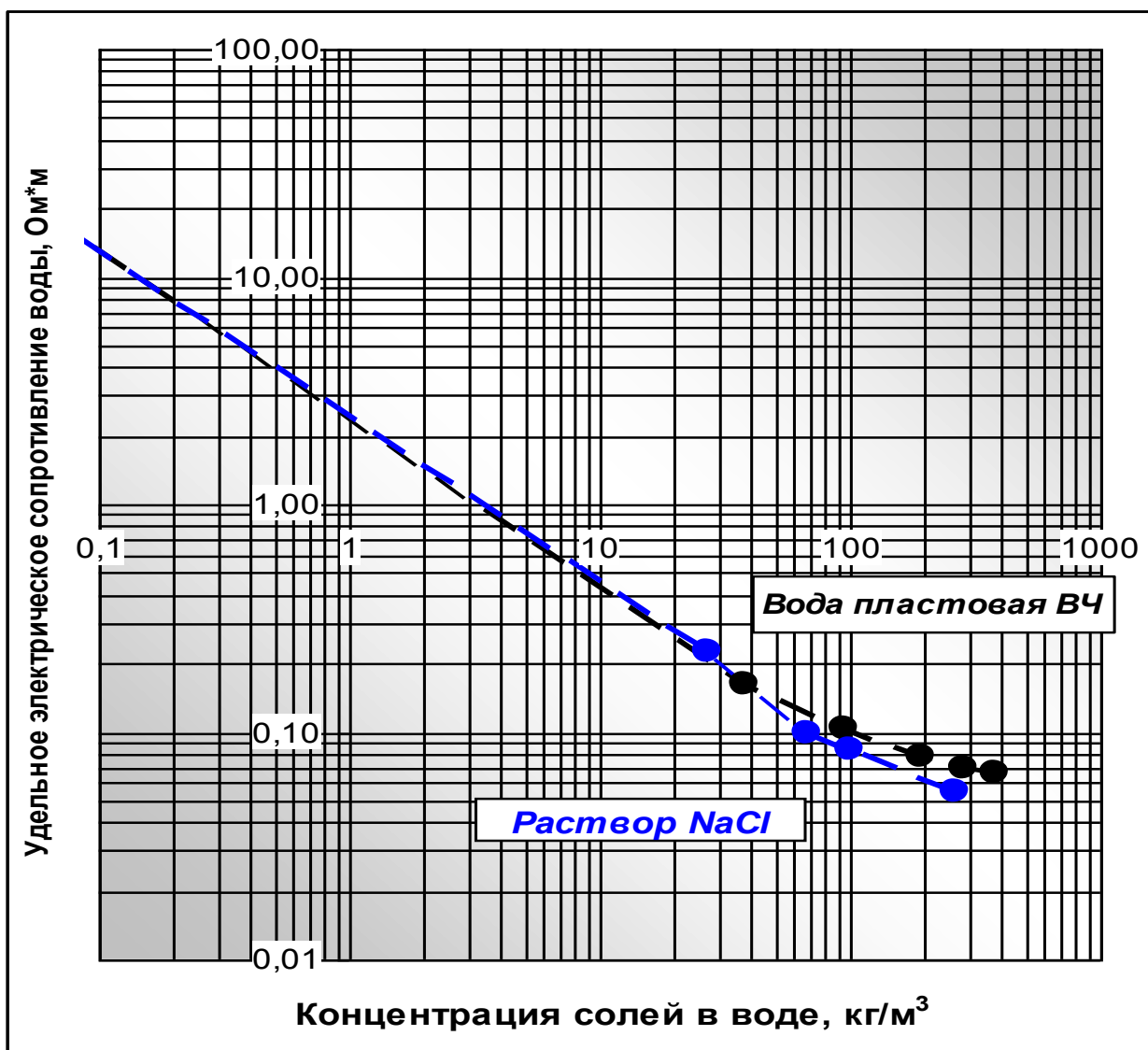


Рисунок 9 – Палетка для определения минерализации воды

В моменты смены режимов, фильтрацию воды прекращали на несколько минут или часов, для более полного обогащения раствора солью и выравнивания концентрации. Моменты простоя можно обнаружить на графике концентрации соли по характерным всплескам значений.

Увеличение концентрации соли в воде в момент последней, самый продолжительный простой на 9 часов свидетельствует о наличии не растворившейся соли даже после прокачки 100 поровых объёмов воды пресной.

Суммарный объём прокачки в экспериментах составлял 200 поровых объёмов.

Геометрические и фильтрационно-емкостные характеристики образцов керна, во втором и третьем экспериментах достаточно схожи между собой. Образцы первого эксперимента, проницаемость на один порядок выше. Также в первом эксперименте использовалась колонка из трёх образцов.

В таблицах 6 и 7 представлены основные характеристики образцов керна, используемых в опытах, до и после рассолонения.

Таблица 6 – Характеристики образцов керна до рассолонения

Лабораторный № образца	Скважина	Интервал отбора	Место взятия	Проницаемость по газу, мД	Пористость по газу, %	Пористость по воде, %	Объём пор по воде, см ³	Объём породы по воде, см ³
Эксперимент 1								
8495--09	902	1628-1637	22	38	4.5	3.86	096	24.87
8511--09	902	1628-1638	31	29.5	4.6	3.80	0945	24.87
8031--09	643	1699-1715	14	92	5.6	4.09	0956	23.37
В целом				53	4.9	3.8	2861	73.11
Эксперимент 2								
1402--11	1436	1737-1755	783	5.78	4.6	3.9	1004	25.724
1401--11	1436	1737-1756	773	1.74	4.2	3.7	0952	25.476
В целом				3.7	4.43	3.8	1956	51.20
Эксперимент 3								
1411--11	1436	1737-1755	938	2.43	7.2	6.9	1684	24.406
1410--11	1436	1737-1756	22	1.99	5.1	4.4	1123	25.523

В целом				2.21	6.2	5.6	2807	49.93
----------------	--	--	--	-------------	------------	------------	-------------	--------------

Таблица 7 – Характеристики образцов керна после окончания эксперимента

лабораторный № образца	Проницаемость по воде, мД	Проницаемость по газу, мД	пористость по газу, %	пористость по воде, %	объем пор по воде, см ³	степень засолон. пор. объема, %
Эксперимент 1						
8495--09		11000	25.0	24.71	6.019	82.0
8511--09		12000	25.5	24.59	5.961	82.0
8031--09		11000	21	17.83	4.125	73.3
По модели	7065	11333	23.8	22.5	16.105	83.1
Эксперимент 2						
1402--11		12700	28.1	27.80	7.081	83.6
1401--11		>13000	24.6	24.10	6.055	82.9
По модели	6751	12900	26.4	25.9	13.136	83.2
Эксперимент 3						
1411--11		5327	26.9	25.9	5.972	69.2
1410--11		17478	24.7	23.8	5.891	79.4
По модели	1470	7980	25.8	24.8	11.863	75.9

Образцы имеют примерно одинаковое начальное содержание соли: 18.7, 22 и 19.6 % соли от полного объема образцов керна.

Однако все образцы потоковых экспериментов показали различный масштаб изменения проницаемости.

Обращает внимание различие моментов роста проницаемости. В третьем эксперименте рост проницаемости начат при закачки воды в объёме менее одного порового объёма колонки. В то время как в экспериментах 1 и 2 объём закачки составил более одного порового объёма.

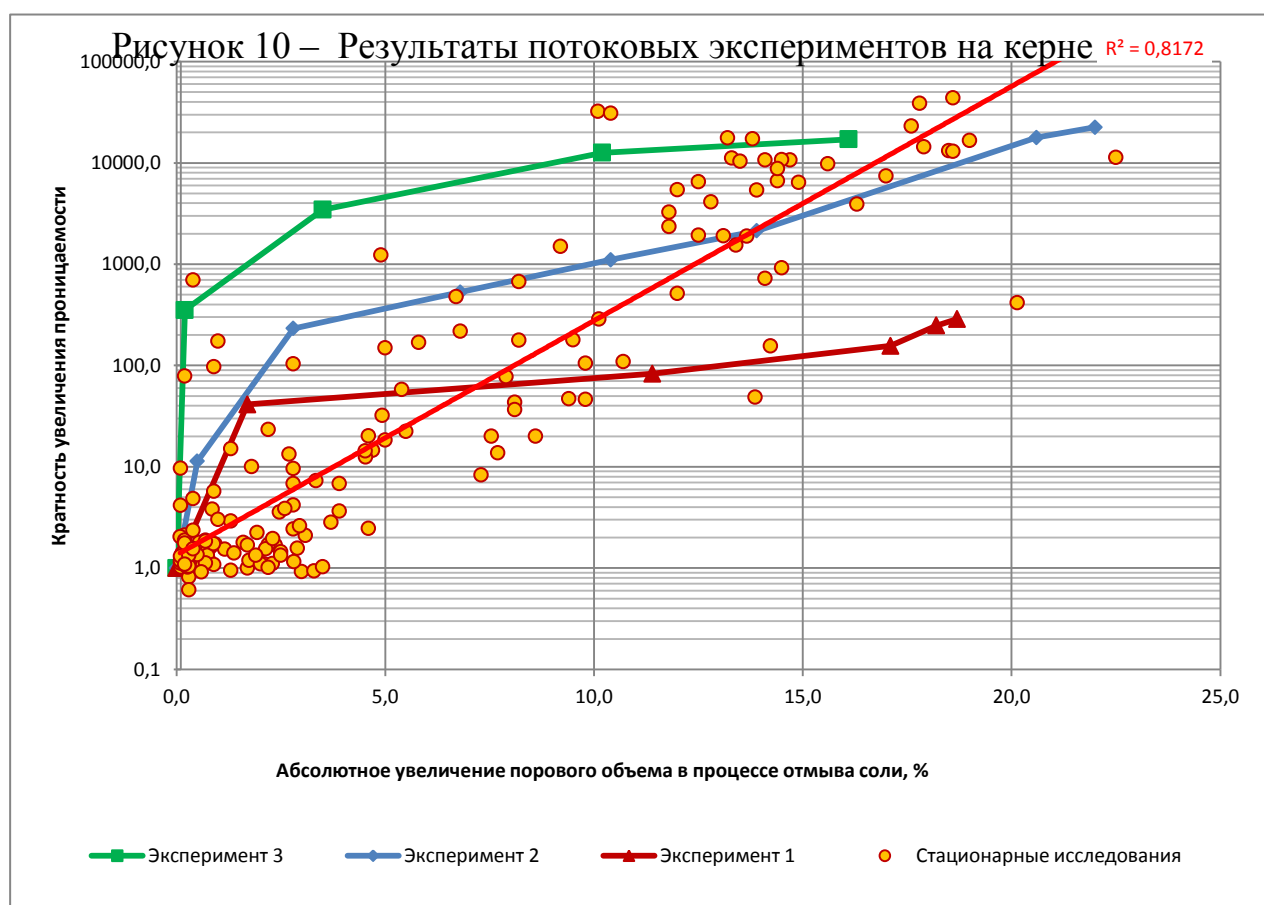
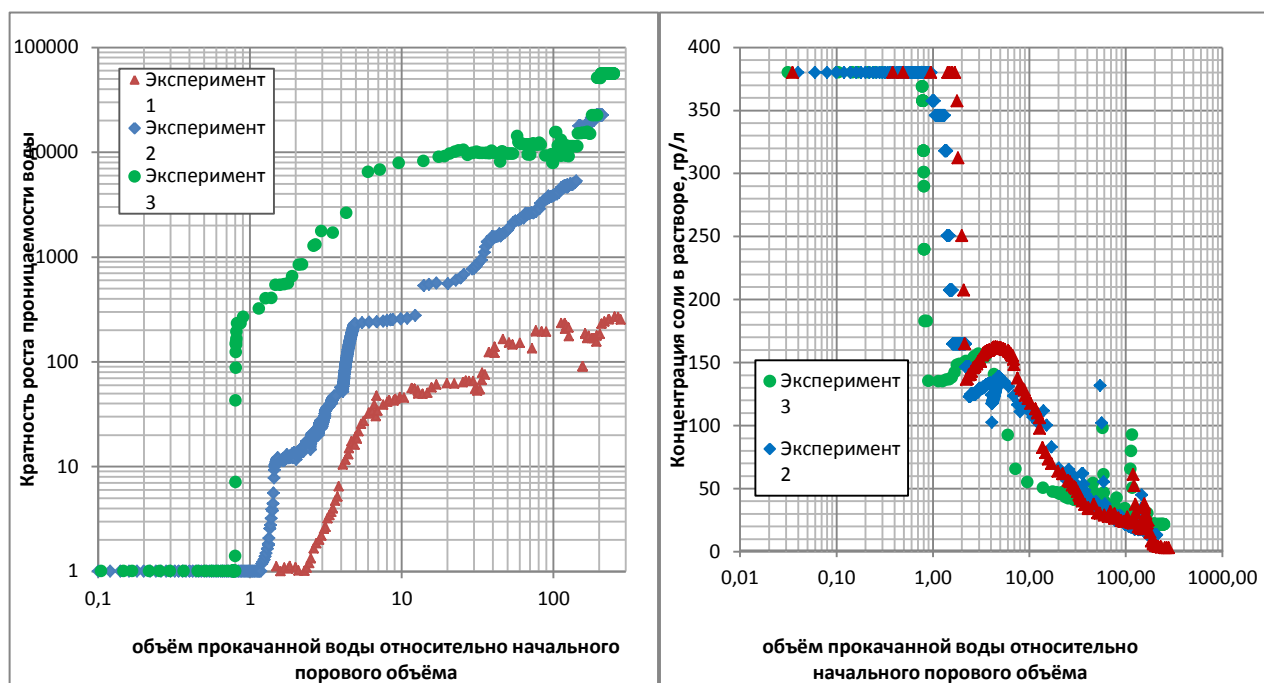


Рисунок 11 – Кратность изменения проницаемости в зависимости от объёма отмытой соли. Керн пласта Вч

Может служить различие образцов по начальному поровому объему. В третьем эксперименте он самый маленький, в первом эксперименте самый большой. Соответственно, при примерно одинаковой степени засолонения в первом эксперименте масса соли наибольшая.

Общей в экспериментах является динамика роста проницаемости, которая выполаживается на стадии практически полного отмыва солей, в отличие от динамики изменения проницаемости по данным стационарных исследований.

Самым близким к результатам стационарных исследований получилась кривая изменения проницаемости второго эксперимента.

Результаты данных опытов на керне могут быть использованы только в качестве первого приближения при описании процесса рассоления в модели пласта, поскольку до конца неясен характер смачиваемости водой засолонённого коллектора, а отсюда неясна степень рассоления коллектора водой в присутствии нефти.

По результатам лабораторных исследований, определен характер смачиваемости, коллектор пласта Вч является преимущественно гидрофобным. Поэтому нужно предположить, что в присутствии нефти рассоление коллектора (увеличение пористости и проницаемости, минерализация воды) будет существенно меньшим – плёнка нефти на поверхности породы будет уменьшать контакт воды с кристаллами соли [5, 7].

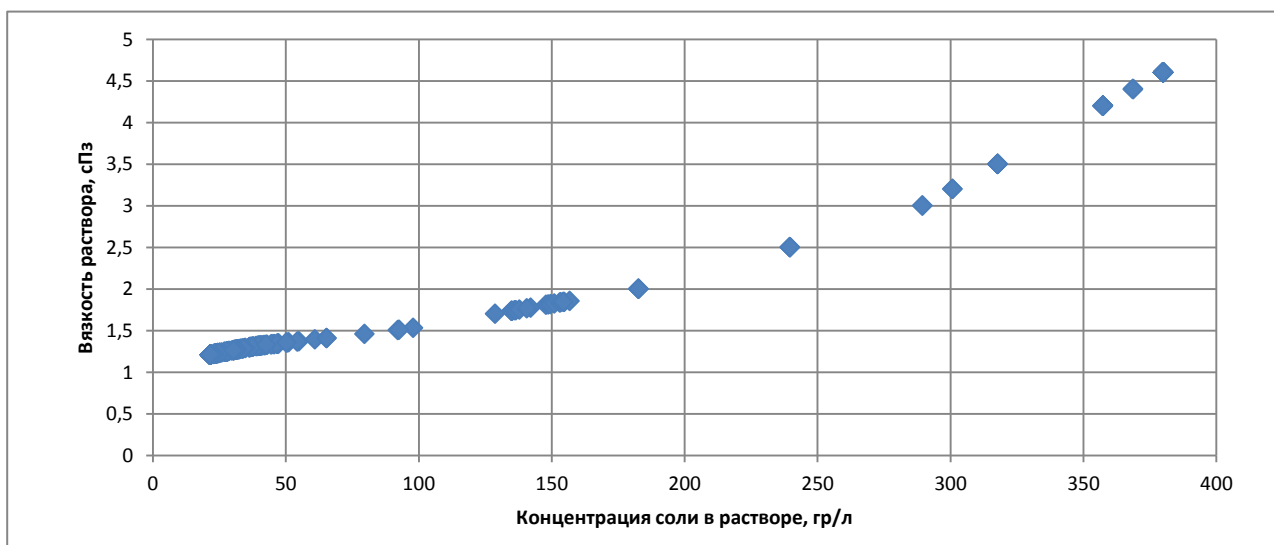


Рисунок 12 – Вязкость раствора при пластовой температуре

Также оценки проницаемости в потоковых экспериментах построена зависимость вязкости водного раствора, от содержания соли (Рис.12). Эта зависимость взята за основу при описании свойств воды в модели рассоления.

Отметим, что немаловажная практическая значимость экспериментов состоит в проверке корректности математических моделей рассоления, реализованных в гидродинамических симуляторах [8].

2.5. Динамика растворения солей в поровом пространстве керна пласта-коллектора Вч Верхнечонского месторождения при вытеснении нефти пресной водой

До настоящего времени, все эксперименты по изучению динамики растворения внутрипоровых солей при заводнении пресной водой засоленного керна Вч, проводились в системе «кern-вода», без использования нефти. Это было продиктовано, отсутствием какой-либо информации о поведении засоленных участков пласта Вч при нагнетании в них поверхностных вод системы ППД, а также отсутствием РД, методических указаний, ОСТов, по лабораторному изучению явлений техногенного рассаливания. Без понимания динамики характеристик рассаливания пласта-коллектора, невозможно корректно «настроить» гидродинамическую модель разработки в зоне сопредельных участков, граничащих, либо полностью засоленных. После результатов лабораторных, первых неожиданных «катастрофическим» увеличением ФЕС от подачи и продвижения по засоленному керну, первых порций пресной воды, было решено изменить методику испытаний. Для этого, была модифицирована методика по определению коэффициента вытеснения нефти водой, которая была передана заказчику исследований ранее. Особенностью пласта-коллектора Вч является то, что поверхность скелета его пористой среды, не смотря на засоление, - гидрофобна, преимущественно гидрофобна. Поэтому, в присутствии нефти, между его зёрнами, отложениями соли и нагнетаемой водой, имеется слой (возможно с отложениями высокомолекулярных соединений У/В) который

должен ограничивать контакт воды с поверхностью пор, нивелировать, снижать скорость и масштаб растворения соли. Во главу испытаний по «новой» методике, несмотря на название, ставилось нахождение констант растворения внутрипоровой соли (галита), а собственно оценка коэффициента вытеснения – играло второстепенную роль. Именно по этому, для чистоты нахождения констант растворения соли, (в термобарических пластовых условиях, при реальных промысловых режимах нагнетания воды), до заводнения модельного пласта водой, его поровое пространство было насыщено только нефтью, без остаточной воды.

Согласно ТЗ и Методики проведения эксперимента, была подобрана модель пласта, из стандартных цилиндрических образцов разнотернистого песчаника, с минералогической плотностью 2,55 г/см³.

Таблица 8 – Характеристика модели пласта и образцов засоленного керна Вч

Лабораторный № образца	скважина	интервал отбора	место взятия	Газопроницаемость , мД	Пористость по газу, %	Пористость керосин, %	Объем пор, см ³	Объем породы, см ³
2134--12	2211	1742-1751	2,66	14,4	4,2	4,0	0,944	23,755
1423--11	1436	1737-1756	11,4	9,1	9,7	8,4	2,095	24,814
1445--06	1001	1636-1643	1,7	6,8	3,8	4,0	0,999	24,679
2132--12	2211	1742-1751	2,42	4,6	5,5	5,5	1,347	24,687
1417--11	1436	1737-1756	10,55	4,6	7,2	6,3	1,487	23,760
По модели				7,9		5,6	6,872	121,696

На первом этапе эксперимента, после 72 часов выдержки в пластовых статических условиях, была определена проницаемость наборной модели пласта по нефти на 7-и режимах поддержания постоянного расхода жидкости (см. табл.9).

Таблица 9 – Проницаемость по нефти модели засолонённого пласта Вч

Расход, см ³ /мин	Вязкость, мПа*с	Длина , см	Перепад кПа	Площадь , см ³	Градиент давления, Атм/м	Проницае- мость, мД ²
1	2	3	4	5	6	7
0,035	4,2	17,24	445	7,00	25,81	1,36
0,03	4,2	17,24	377	7,00	21,87	1,37
0,025	4,2	17,24	312	7,00	18,1	1,38
0,02	4,2	17,24	255	7,00	14,79	1,35
0,015	4,2	17,24	202	7,00	11,72	1,28
0,01	4,2	17,24	141	7,00	8,18	1,22
0,005	4,2	17,24	57	7,00	3,31	1,51
<i>среднее</i>	4,2	17,24		7,00		1,35

Далее, в «засолонённый нефтенасыщенный пласт Вч» нагнеталась пресная вода. Одновременно с этим, с другого торца модели, через блок поддержания пластового давления проводился отбор и замер объёма вытесненной нефти, а после прорыва воды, её количество и минерализация. Нагнетание проводилось (согласно Методики) с объёмным расходом, обеспечивающим проектную скорость продвижения фронта «нефть-вода» 1 м/сут. Расход воды первого этапа вытеснения нефти составлял $Q=0,78\text{см}^3/\text{час}$. После прорыва воды и фиксирования «квазипостоянных» показаний минерализации, был спрогнозирован потенциальный риск - не получить исходных данных для расчёта констант растворения, и затягивания сроков окончания эксперимента. Поэтому было принято решение увеличить расход воды до $Q=2,34\text{см}^3/\text{час}$, чтобы ускорить обменные процессы и сдвинуть равновесие солёности отбираемой воды в зону постоянного недонасыщения её ионного состава. После интерпретации результатов первых проб воды, отобранных на данном режиме, выяснили, что их достаточно для нахождения константы растворения, но со значительной погрешностью и только для одной скорости. Поэтому, вновь снизили расход воды, а далее остановили добычу, для восстановления химического равновесия в системе «скелет-соль-вода». Далее, после 38 часов в статике, фильтрацию воды продолжили, увеличив её расход до $Q=3,9\text{см}^3/\text{час}$. Весь последующий ход эксперимента оставался без изменений. В результате динамического обессоливания пласта-коллектора, при неизменной

остаточной нефтенасыщенности, была отслежена характеристика минерализации и количество вымываемой соли во времени и объёмах профильтрованной жидкости. Указанные характеристики позволяют провести расчёт констант растворения на режиме реальных отборов у/в продукции.

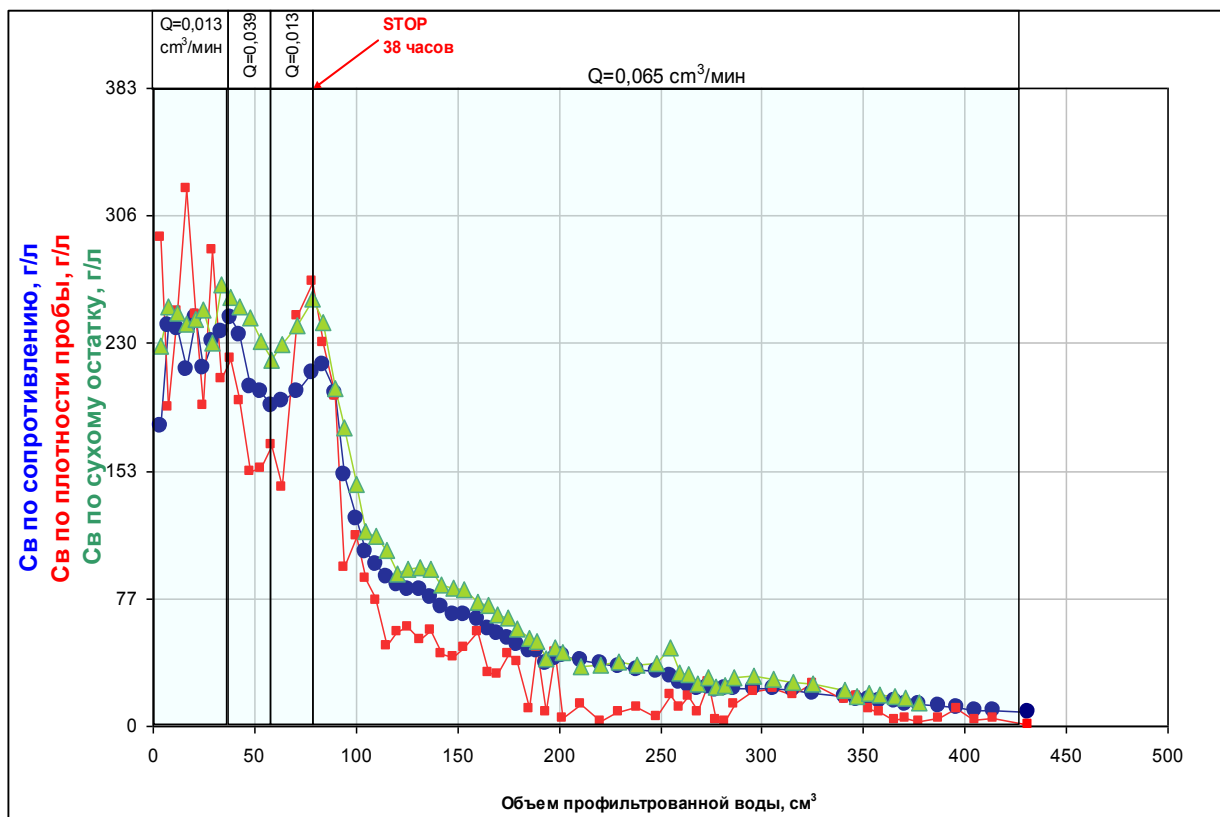


Рисунок 13 – Динамика минерализации добываемой воды при выщелачивании модельного пласта-коллектора Вч во время нефтедобычи при заводнении пресной водой

Минерализация добываемой воды меняется по экспоненциальному закону, гармонично, с разной *константой* в зависимости от объёмного расхода, подаваемой в систему воды.

Согласно Методики проведения эксперимента, минерализация и количество вымываемой соли оценивалось 3-мя независимыми методами:

- 1) по удельному электрическому сопротивлению выходящего раствора;
- 2) объёмно-весовым методом, через расчет плотности раствора;
- 3) по количеству выпаренной соли из проб известного объёма.

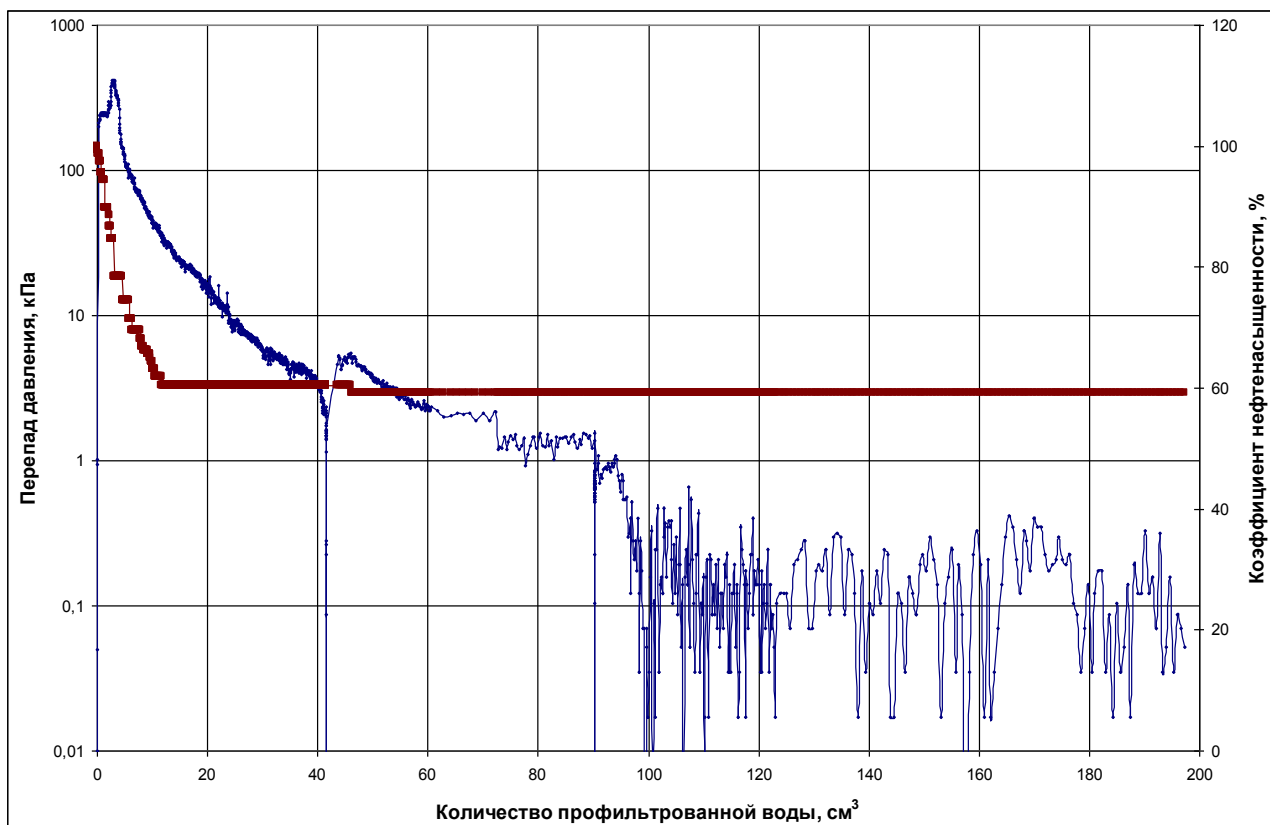


Рисунок 14 – Динамика изменения коэффициента нефтенасыщенности и перепада давления при выщелачивании модельного пласта-коллектора Вч во время нефтедобычи при заводнении пресной водой

Перед проведением эксперимента, был проведён методический подобный опыт, на искусственно-засолонённом керне, где все три метода оценки минерализации (солесодержания) воды показали хорошую сходимость результатов. Однако, как показала практика, на реальном засолонённом керне Вч, только первый и третий метод дают близкие значения концентрации соли. Именно по результатам данных методов необходимо рассчитывать *константы* растворения внутрипоровых солей на испытанных двух режимах добычи.

После прорыва воды из линейной модели пласта Вч, поступление нефти прекращается, т.е. вытеснение происходит по жестко поршневому сценарию. Увеличение расхода нагнетаемой воды в 3 и 5 раз не даёт ощутимого изменения в нефтеотдаче. Это связано прежде всего с низкой температурой пласта ($t=+12^{\circ}\text{C}$), его гидрофобностью, неоднородностью по

гранулометрическому составу и структуре, отсутствию «погребённой» воды и отсутствию глинистых минералов.

Вымываемая в опыте соль, по данным РФА (элементному составу), была представлена только хлоридом натрия (галитом), без каких либо примесей. Благодаря этому, при изначально планируемом расчете текущей проницаемости, должно было использоваться значение вязкости воды, взятое по зависимости вязкости фильтруемого раствора от его удельного электрического сопротивления ($\Omega\rho$). Для этого при калибровке измерительного электрода резистивиметра использовались фиксаляы NaCl. Вместе с тем, как показал эксперимент, чувствительности дифференциального манометра на расходе воды $Q=3,9\text{см}^3/\text{час}$ было недостаточно, чтобы «выйти» из погрешности метода измерения проницаемости. И по графику падения перепада давления на модели пласта во время его рассалонения можно лишь косвенно судить о темпах роста проницаемости. Поэтому, для определения проницаемости с точностью, заявленной в Методике (и ОСТ-39-235-89), через 14 суток фильтрации воды, подача последней кратковременно на 4-ёх стационарных режимах была увеличена. Результаты определения фазовой проницаемости по воде при Кно [8].

Таблица 10 – Проницаемость по воде при Кно на модели засолонённого пласта Вч

Расход, $\text{см}^3/\text{мин}$	Вязкость, $\text{мПа}\cdot\text{с}$	Длина, см	Перепад кПа	Площадь, см^2	Градиент давления, атм/м	Проницае- мость, мД^2
0,6	1,06	17,24	4,78	7,00	0,28	546
0,5	1,06	17,24	3,86	7,00	0,23	561
0,4	1,06	17,24	3,20	7,00	0,18	547
0,3	1,06	17,24	2,39	7,00	0,14	548
<i>среднее</i>	1,06	70,008		7,00		551

На момент написания настоящего отчёта, после фильтрации объёма воды в количестве 63 объёмов начального порового пространства лабораторного пласта, полного рассолонения керна не произошло, минерализация воды на выходе составляет 8 г/л, эксперимент продолжается. Предполагается, что после снижения минерализации воды «на выходе» до

значений $1 \div 2$ г/л, и стабилизации перепада давления, согласно Методики, на $6 \div 8$ расходах будет измерена проницаемость по воде при $K_{но}$ и испытание будет завершено. После демонтажа образцов керна и их повторной экстракции, определении ФЕС, будет проведена оценка остаточной нефтенасыщенности и коэффициента вытеснения нефти по каждому отдельному образцу; степень засолонения модели и образцов.

В целом результаты эксперимента по динамическому рассолонению полностью нефтенасыщенной модели пласта-коллектора Вч в термобарических условиях Верхнеченского горизонта показал:

1. Коэффициент вытеснения нефти пресной водой из коллектора с предварительным засолонением $20 \div 30\%$, из полностью нефтенасыщенной модели пласта ($K_{нн}=100\%$) равен 0,41 д.ед.

2. Проницаемость по воде при остаточной нефтенасыщенности увеличилась по сравнению с начальной проницаемостью по нефти в 408 раз и составила 551 мД.

3. Объём затрачиваемой воды, необходимый для полного рассаливания порового пространства, зависит от времени контакта растворителя с зонами засолонения. В проведённом опыте он превысит 70 объёмов пор.

4. Эксперимент на режиме вытеснения со скоростью продвижения фронта «нефть-вода» 1 м/сут не позволяет корректно оценить константу растворения внутривпоровой соли (галита).

5. Увеличение расхода воды в $3 \div 5$ раз позволит рассчитать константу растворения, с точностью, приемлемой для гидродинамического моделирования.

6. Для базовой оценки минерализации добываемой (вместе с нефтью) воды, рекомендуется объём первых её проб уменьшить до минимально методически возможных. И воспользоваться определением минерализации (плотности) воды, методом рефрактометрии [3].

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Б4В	Антипову Илье Николаевичу

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	ОНД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Нефтегазовое дело

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов геолого-геофизических исследований: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Расчет капитальных вложений и эксплуатационных затрат, обеспечивающих разработку месторождения в целом или по отдельному нефтепромысловому объекту
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций в ходе бурения скважины согласно справочников Единых норм времени (ЕНВ) и др.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Ставка налога на прибыль 20 %; Страховые взносы 30%; Налог на добавленную стоимость 20%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Сравнительный анализ фактических затрат с проектными. При выявлении существенных различий в уровнях проектных и фактических затрат устанавливаются обуславливающие их причины и предлагаются методы их корректировки.
---	---

2. Планирование и формирование бюджета геолого-геофизических исследований	При выявлении существенных различий в уровнях проектных и фактических затрат устанавливаются обуславливающие их причины и предлагаются методы их корректировки
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет экономической эффективности внедрения новой техники или технологии
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Криницына Зоя Васильевна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б4В	Антипов Илья Николаевич		

3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

АО "Верхнечонскнефтегаз" — предприятие, осуществляющее добычу нефти и газа на территории Иркутской области. Создано в апреле 2002 года. Акционерами компании являются НК "Роснефть".

На протяжении многих лет одной из проблем нефтедобывающей промышленности является увеличение объема извлекаемой нефти из продуктивных пластов и темпов разработки нефтяных залежей.

Ухудшение коллекторских свойств продуктивного пласта может наступить вследствие набухания глин, выпадения различных солей из пластовых вод, образования стойких эмульсий, отложения смол парафинов и продуктов коррозии в фильтровой части ствола скважины, а также из-за гидратации пород. В этой связи большое значение приобретают технологии обработки призабойной зоны, которые позволяют восстановить, а зачастую и улучшить фильтрационные характеристики коллектора в призабойной зоне скважин за счет частичной или полной ликвидации вышеуказанных проблем.

Технологии обработки призабойной зоны (методы интенсификации добычи) направлены на повышение продуктивности и приемистости скважин. Данные технологии позволяют улучшить или восстановить фильтрационные свойства коллекторов агентами и способами, выбираемыми в зависимости от геолого-физических условий и поставленной задачи (кислотами, нефтекислотными эмульсиями, растворителями).

За последние десятилетия были использованы различные технологии очистки призабойной зоны (химические, гидродинамические, виброволновые, тепловые).

В качестве примера рассматривается составление сметы расходов на очистку призабойной зоны пласта (ПЗП) ВЧ₁ скважины номер 1008 гидрожелонкой в интервале 1564,5-1571,4 м.

3.1. Исходные данные для расчета сметы затрат на очистку ПЗП гидрожелонкой

Технологию очистки пробок выбирают таким образом, чтобы с одной стороны, удалить пробку, а с другой - свести к минимуму ухудшение гидродинамических свойств пласта. Например, в результате попадания в него технологических жидкостей, используемых для промывки. Образующиеся в процессе эксплуатации скважин песчаные пробки бывают забойные, образующиеся на забое скважины, и патронными, располагающиеся в средней и верхней части колонны. Существует два метода очистки скважин - удаления песчаных пробок желонками и промывка.

Для расчета сметы затрат на очистку призабойной зоны пласта гидрожелонками необходимы следующие исходные данные:

- продолжительность воздействия гидрожелонки составляет 7 часов;
- очисткой призабойной зоны пласта гидрожелонкой занимаются 3 человека:
- оператор 4 разряда - 1 человек - тариф - 181руб. /час;
- оператор 5 разряда - 1 человек - тариф - 199 руб. /час;
- мастер - оклад 41000 рублей;
- отчисления по страховые взносы составляют 30% от суммы заработной платы;
- для проведения ПРС требуется следующая спецтехника:
- КАВЗ по тарифам - 2675 руб. /м-ч и 95 руб. /км;
- КРКЗ-255 - 3125 руб. /м-ч и 247 руб. /км;
- ЛБУ - 4250 руб. /м-ч;
- для очистки ПЗП гидрожелонкой требуются следующие материалы:
- канат - 214 руб. /м. спецодежда - 4250 руб. / комплект

3.2. Расчеты по статьям

Расчет затрат по статье "СЫРЬЕ И МАТЕРИАЛЫ"

Расчет затрат на материалы производим по следующей формуле:

$Z = Q * Z$, где:

Z - затраты на материалы, Q - количество расходуемых материалов,

Z - цена за единицу материала.

При очистке ПЗП гидрожелонкой используется пять наименований материалов, расчет представлен для двух наименований материалов в таблице 11.

Таблица 11 – Расчет затрат на материалы

Наименование	Ед.изм.	Кол-во	Цена, Руб.	Сумма, руб.
Канат	м	2997	214	641358,00
Спецодежда	шт.	0,2	4250	850,00
Прочие				16000,00
Итого:				658208,00

Все затраты на материалы составили 658208,00 рублей.

Расчет затрат по статье "Амортизация"

Сумма амортизации рассчитывается исходя из среднегодовой стоимости оборудования и часов работы этого оборудования. Расчет затрат на амортизацию представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет амортизационных отчислений

Наименование оборудования	Среднегодовая стоимость, руб	Норма амортиции, %	Годовая сумма амортизации, руб,	Сумма амортизации за часы работы
Гидрожелонка	380000,00	10	38000	130,50
Итого:				130,50

Всего отчисления на амортизацию составили 130,50 рублей.

Расчет затрат по статье "ТРАНСПОРТ"

Транспорт на очистку призабойной зоны пласта гидрожелонкой предприятие нанимает у автотранспортного предприятия, поэтому расчет представлен по тарифам за километр пробега и машино-часы работы. Всего при очистке призабойной зоны пласта гидрожелонкой используется три единицы

автотранспортных средств, расчет затрат на автотранспорт представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Расчет затрат на транспорт

Наименование	Кол-во, ед.	Режим работы, ч.	Пробеги, км	Тариф		Сумма, руб.		Итого, руб.
				м/ч	км	м/ч	км	
КАВЗ	1	7	156	2675	95	18725,00	14820,00	33545,00
КРАЗ-255	1	2	75	3125	247	6250,00	18525,00	24775,00
ЛБУ	1	6,5	-	4250	-	27625,00	-	27625,00
Итого:								85945,00

Всего затраты на транспорт составили 85945,00 рублей.

Расчет затрат по статье "ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА"

Расчет заработной платы основного состава бригады ПРС осуществляется по тарифным ставкам за фактически отработанное время с учетом процента на доплаты и премию, размера районного коэффициента и северной надбавки.

Очистка ПЗП гидрожелонкой занимается бригада ПРС во главе с мастером. Бригада ПРС состоит из оператора 4 разряда - 1 человек, оператора 5 разряда - 1 человек. При начислении заработной платы установлен процент доплат за работу во вредных условиях - 5% от суммы по тарифу, премия за выполненную работу - 100%, районный коэффициент за работу в местности составляет 0,7, приравненной к Крайнему Северу, северная надбавка - 80%.

Расчет затрат на заработную плату представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет затрат на заработную плату

Специальность	Разряд	Кол-во чел.	Тарифная ставка, руб./ч	Кол-во часов	Сумма по тарифу	Сумма доплат	Сумма премии	РК+ СН	Всего затраты на зарплату, руб.
Оператор	4	1	181	7	1267,00	63,35	1267,00	3896,025	6493,38
Оператор	5	1	199	7	1393,00	69,65	1393	4283,48	7139,13
Мастер		1	41000	7	1708,33	85,42	1708,33	1789,95	5253,13
Итого									18885,64

Расчет затрат на заработную плату составил 18885,64рублей.

Расчет затрат по статье "ОТЧИСЛЕНИЕ НА СТРАХОВЫЕ ВЗНОСЫ"

Страховые взносы (СВ) 30%, распределяется следующим образом:

$$СВ = \frac{ФОТ*30\%}{100\%} \text{ где:}, \quad (4)$$

ФОТ - фонд оплаты труда.

30% - процент от фонда заработной платы.

$$СВ = \frac{18885,64*30}{100} = 5665,69 \text{ руб}$$

Расчет затрат по статье "НАКЛАДНЫЕ РАСХОДЫ"

К накладным расходам относятся цеховые, общепроизводственные затраты и затраты на услуги смежных предприятий.

В цеховые затраты входят затраты на заработную плату ИТР цеха, затраты на содержание и капитальный ремонт здания, затраты на электроэнергию и тепловодоснабжение административного здания, транспортные расходы. Накладные расходы составляют 0,8% от суммы прямых затрат.

Сумма цеховых затрат составила: $768834,83*0,8\% = 6150,68$ рублей.

В общепроизводственные расходы входят затраты на заработную плату ИТР предприятия, отчисления от нее во внебюджетные фонды, затраты на содержание и эксплуатацию их административного здания, почтовые, канцелярские и прочие расходы.

Расчет общепроизводственных расходов производим по следующим формулам:

Доля общепроизводственных = ФЗП основного персонала цеха*100%/расходов ФЗП ИТР: $18885,64 * 100\% / 75000 = 25,18\%$

Сумма общепроизводственных = Сумма прямых * Доля общепроиз.
расходов затрат расходов: $768834,83 * 25,18\% = 193599,17$ рублей

3.3. Составление сметы затрат на очистку ПЗП гидрожелонкой

Таблица 15 – Расчет сметы затрат на очистку ПЗП гидрожелонкой

Наименование элемента	Сумма, руб.
Сырье и материалы	658208,00
Заработная плата	18885,64
Отчисление на единый социальный налог	5665,69
Транспорт	85945,00
Амортизация	130,50
Итого: прямых затрат	768834,83
Цеховые расходы	6150,68
Общепроизводственные расходы	193599,17
Итого:	968584,68

Всего затраты на очистку ПЗП гидрожелонкой составили
968584,68рублей.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Б4В	Антипова Ильи Николаевича

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	ОНД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Нефтегазовое дело

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования и области его применения	В ходе проведения работ по поддержанию пластового давления подразумевается нахождение машиниста по закачке реагента в пласт, на блочной кустовой насосной станции.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при эксплуатации оборудования блочной кустовой насосной станции. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при эксплуатации оборудования блочной кустовой насосной станции.	Вредные факторы: 1. Повышенный уровень шума и вибрации. 2. Неудовлетворительная освещенность. Опасные факторы: 1. Механическое травмирование. 2. Превышение допустимого давления БКНС. 3. Поражение электрическим током. 4. Пожароопасность.
2. Экологическая безопасность при эксплуатации оборудования блочной кустовой насосной станции.	1. Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы). 2. Анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы). 3. Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы).

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	1. Перечень возможных ЧС при эксплуатации объекта. 2. Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС. 3. Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	1. ГОСТ 12.1.007 – 76 ССБТ «Вредные вещества». 2. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ «Электробезопасность». 3. СНиП 2.09.04.87 4. ГОСТ 356 – 80 «Давления условные пробные и рабочие. Проанализировать правовые и организационные вопросы обеспечение безопасности работника на БКНС. Рассмотреть требования по компоновки рабочей зоны.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б4В	Антипов Илья Николаевич		

4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Любая производственная деятельность сопряжена с воздействием на работающих вредных и опасных производственных факторов.

Отсюда обеспечение безопасных условий труда – одна из основополагающих целей, к которой должно стремиться руководство предприятия.

Целью данной главы является разработка правил для безопасного обеспечения работ, исследуемых в бакалаврской работе.

Местом работы машиниста по закачке рабочего агента в пласт, является блочная кустовая насосная станция.

Выявлены следующие вредные и опасные производственные факторы:

- повышенный уровень шума и вибрации;
- неудовлетворительная освещенность;
- механическое травмирование;
- превышение допустимого давления;
- поражение электрическим током;
- взрывопожароопасность производства.

Опасными факторами при работе являются образование вибрация насосного агрегата, шум от работы оборудования, высокое давление, электробезопасность.

Социальная ответственность – ответственность перед людьми и данными им обещаниями, когда организация учитывает интересы коллектива и общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров.

Сущность работ заключается в выполнении следующих технологических операций: осуществление работ по заданному режиму закачки жидкости, контроль за системами работы агрегата, обслуживание, монтаж и демонтаж оборудования, используемого при закачке жидкости. Работы выполняются круглогодично.

4.1. Производственная безопасность при выполнении работ на БКНС

Анализ выявленных вредных факторов рабочей зоны

Некоторые виды работ проводятся на открытом воздухе, поэтому они связаны с воздействием на работающих различными метеорологическими условиями (температура, влажность воздуха, ветра, естественные излучения). Неблагоприятные метеорологические условия могут явиться причиной несчастных случаев. При высокой температуре воздуха понижается внимание, появляются торопливость и неосмотрительность, при низкой - уменьшается подвижность конечностей вследствие интенсивной теплоотдачи организма. Влияет на теплоотдачу организма и влажность воздуха: нормально при температуре 18°C влажность должна находиться в пределах 35-70% [16]. При меньшей относительной влажности воздух считается сухим, при большей - влажным. Как одно, так и другое, отрицательно сказывается на организме человека. Сухой воздух приводит к повышенному испарению, в связи с чем появляются ощущение сухости слизистых оболочек и кожи. Очень влажный воздух, наоборот, затрудняет испарение.

При работе на открытом воздухе правилами безопасности предусмотрены мероприятия по защите рабочих от воздействия неблагоприятных метеорологических факторов: снабжение рабочих спецодеждой и спецобувью, помещений для обогрева рабочих и т. д.

Средства индивидуальной защиты необходимы для защиты рабочих от вредных и опасных веществ.

К средствам индивидуальной защиты относятся: энцефалитный костюм (от кровососущих насекомых), сапоги кирзовые, каска, рукавицы, наушники, (беруши), брезентовый плащ, комбинезон летний, штаны ватные, телогрейка, меховые рукавицы.

Работник подвержен вредному воздействию, находясь на территории производственного объекта, которое классифицируется согласно ГОСТ 12.0.003-2015 (таблица 16).

Таблица 16 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении работ на БКНС

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Полевые работы: 1) обследование элементов конструкций на целостность и отсутствие видимых повреждений. 2) монтаж, демонтаж оборудования. 3) обеспечение санитарного порядка на территории объектов. 4) работа-оборудованием, работающим под высоким давлением. 5) работа в темное время суток.	1. Отклонение показателей климата на открытом воздухе. 2. Превышение уровней шума и вибрации. 3. Недостаточная освещенность. 4. Повышенная запыленность рабочей зоны.	1. Электрический ток. 2. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования. 3. Давление (разрушение аппарата, работающего под давлением).	Требования безопасности к уровню шума: ГОСТ 12.1.003-83 (1999); Требования безопасности к уровню вибрации: ГОСТ 12.1.012-90; Защитное заземление, зануление: ГОСТ 12.1.030-81; Естественное и искусственное освещение: СП 52.13330.2011; Оборудование производственное. Общие требования безопасности: ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ; Оборудование производственное. Ограждения защитные: ГОСТ 12.2.062-81 ССБТ.

Повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте машиниста по закачке рабочего агента в пласт

Источники интенсивного шума и вибрации – машины и механизмы с неуравновешенными вращающимися массами, а также технологические установки и аппараты, в которых движение газов и жидкостей происходит с большими скоростями и имеет пульсирующий характер, БКНС с 4 насосами ЦНС 180 - 1900 - 2ТМ.

Обслуживающий персонал блочной кустовой насосной станции может находиться вблизи насосного агрегата на расстоянии 1 м. от его контура не более 15 минут в смену при наличии индивидуальных средств защиты от шума по ГОСТ Р 12.4.255-2011 [17]. Остальное время обслуживающий персонал должен находиться в звукоизолированном помещении с уровнем звука не более 80 дБа. Помещение, где установлен насосный агрегат, должно быть обозначено знаком безопасности по ГОСТ 12.4.026-2015 [18], предусмотренным для помещений с уровнем звука (эквивалентным уровню звука) выше 80 дБА.

Основные методы борьбы с шумом. Общая классификация средств и методов защиты от шума приведена в ГОСТ 12.1.029-80 [19]:

- использование средств, снижающих шум. К акустическим средствам защиты относятся звукоизоляция, звукопоглощение, виброизоляция, вибродемпфирование. Применяются звукоизолирующие экраны, кожухи, кабины, облицовки, прокладки, опоры, конструктивные разрывы, демпферы. Для защиты от непосредственного, прямого воздействия шума используют звукоизолирующие экраны и перегородки;
- средства индивидуальной защиты (СИЗ): наушники, противозумные вкладыши (беруши);
- соблюдение режима труда и отдыха.

При работе в условиях вибраций производительность труда снижается, растет число травм. Наиболее вредное влияние на организм человека оказывает вибрация, частота которой совпадает с частотой собственных колебаний отдельных органов.

Для нормирования воздействия вибрации установлены четыре критерия: обеспечение комфорта, сохранение работоспособности, сохранение здоровья и обеспечение безопасности.

Для уменьшения вибрации и шума, насосный агрегат должен быть надежно закреплен к фундаментной плите, а плита анкерными болтами к фундаменту.

Неудовлетворительная освещенность на рабочем месте

Световая отдача источников света для общего искусственного освещения помещений при минимально допустимых индексах цветопередачи не должна быть меньше значений, приведенных в таблице 17.

Таблица 17 – Нормы освещенности рабочего места машиниста по закачке рабочего агента в пласт

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение		
					Освещенность, лк		При системе общего освещения
					При системе комбинированного освещения	В том числе общего	
					всего		
1	2	3	4	5	6	7	8
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		-	-	200

4.1.2. Анализ выявленных опасных факторов

Механическое травмирование

Открытые движущиеся и вращающиеся части оборудования, аппаратов, механизмов и т.п. ограждаются или заключаются в кожухи. Такое оборудование оснащается системами блокировки с пусковыми устройствами, исключающими пуск его в работу при отсутствующем или открытом ограждении. Конструкция и крепление ограждения должны исключать возможность непреднамеренного соприкосновения работающего с ограждаемым элементом. Ремонт НА производить при отключенном от

источника питания электродвигателе и отключенном от трубопроводов высокого и низкого давления.

При проведении регламентных работ или ремонтных работ на НА принять все необходимые меры для блокировки возможности пуска на посты энергопитания вывесить табличку **«Не включать работают люди»**. Эксплуатация НА с неисправной или отключенной автоматикой запрещена. Все приборы должны проходить госпроверку не реже одного раза в год, а также после ремонта. Они должны быть опломбированы. Насосный агрегат устанавливается в помещении, которое не является постоянным рабочим местом для обслуживающего персонала. Управление НА должно быть дистанционное с помощью комплекта КИП и автоматики.

Превышение допустимого давления БКНС

Превышение максимального допустимого давления, отказы или выхода из строя регулирующих и предохранительных клапанов. Высокий уровень давления в технологическом и оборудовании и трубопроводах могут привести к разрушению оборудования и как следствие нанести травмы работникам в том числе не совместимые с жизнью. Для предотвращения возникновения инцидентов на производстве применяют средства измерения КИПиА и предохранительную арматуру.

Поражение электрическим током

Машинист по закачке рабочего агента в пласт подвержен таким источникам опасности, как нарушение изоляции кабельных линий, силовых кабелей, попадание в зону действия электрического тока при обрыве проводов 6кВт, поражение электрическим током при работе с электроустановками, поражение молнией. Токоведущие части электроустановки не должны быть доступны для случайного прикосновения, а доступные прикосновению открытые и сторонние проводящие части не должны находиться под напряжением, представляющим опасность поражения электрическим током как в нормальном режиме работы электроустановки, так и при повреждении изоляции.

Для защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты от прямого прикосновения:

- основная изоляция токоведущих частей;
- ограждения и оболочки;
- установка барьеров;
- размещение вне зоны досягаемости;
- применение сверхнизкого (малого) напряжения.

В первую очередь должны быть соблюдены требования, предъявляемые к защитному заземлению.

Заземляющие устройства защитного заземления электроустановок зданий и сооружений и молниезащиты 2-й и 3-й категорий этих зданий и сооружений, как правило, должны быть общими.

Машинист по закачке рабочего агента в пласт, допущенный к работе с электротехническими установками, с машинами и механизмами с электроприводом, имеет квалификационную группу по электробезопасности.

Пожароопасность

Одними из наиболее вероятных и разрушительных видов на объекте являются пожар или взрыв на рабочем месте. Пожарная безопасность представляет собой единый комплекс организационных, технических, режимных и эксплуатационных мероприятий по предупреждению пожаров и взрывов.

При написании раздела для зданий и сооружений определяется категория помещений по пожароопасности по НПБ 105-03 и класс зон взрывопожароопасности по СП 12.13130.2009 [20]. Затем выявляются возможные источники и причины пожаров и взрывов на рабочем месте: электрический ток при работе с электроустановками, открытый огонь, удар молнии, статическое электричество и т. п. Далее, в соответствии с классом зоны взрывопожароопасности, предлагаются методы устранения причин пожаров в помещениях и на территории объекта, т. е. организационные и технические меры обеспечения пожарной безопасности. К организационным мерам относят

мероприятия режимного характера, обучение и разработку планов эвакуации людей в случае пожара. К техническим мерам – современные автоматические средства сигнализации, методы и устройства ограничения распространения огня, автоматические стационарные системы тушения пожаров, первичные средства пожаротушения. Тип, количество и размещение средств тушения пожаров определяют по нормам, приведенным в СП 5.13130.2009. При выборе вида исполнения электрооборудования необходимо руководствоваться классом зоны взрывопожароопасности на рабочем месте по СП 2.13130.2009.

4.2. Экологическая безопасность

Защита атмосферы

Мероприятия по охране атмосферы - поддержание герметичности системы ППД; установление контроля за воздушной средой на основных объектах БКНС для определения опасной концентрации газов. Основные мероприятия по предупреждению загрязнения атмосферного воздуха включают в себя:

- контроль выхлопных газов автотранспорта на дымность, содержание окиси углерода с целью последующей регулировки двигателей для снижения концентрации вредных веществ в выбросах до нормативных величин;
- контроль дымовых газов котельных, технологических печей и других стационарных источников выбросов на содержание окиси углерода, окислов азота для установления оптимальных режимов сжигания природного газа и уменьшения концентрации указанных вредных веществ;

Защита гидросферы

Мероприятия по охране водных ресурсов - обеспечение полной утилизации промышленной сточной воды; сброс промывочных стоков с площадок ДКС, и других объектов в коллектор или в специальные ёмкости; регулярную проверку состояния обваловок вокруг эксплуатационных и нагнетательных скважин; предотвращение утечки через неплотные соединения в водяных линиях, применение замкнутой системы водоснабжения при

бурении; осуществление сбора эмульсий при освоении и капитальном ремонте скважин в коллектор или закрытую ёмкость; строительство кустовых площадок и шламовых амбаров.

Защита литосферы

Мероприятия по охране земель - все материалы и оборудование располагают в пределах отведённой и обвалованной площадки; передвижение транспорта и самоходных установок происходит строго по дорогам, т.к. тундра является заповедной зоной, где растительность восстанавливается долгий период времени (например, ягель до 50 лет); планомерно проводят биологическую рекультивацию нарушенных земель посевом, специально разработанной для условий УГКМ, универсальной травосмеси; захоронение твердых бытовых отходов, утилизация строительных отходов производится на специальных полигонах; складирование металлолома - на отдельно отведенных площадках; хранение горюче-смазочных материалов, метанола, диэтиленгликоля производится в емкостях, установленных на бетонированных площадках с надежной гидроизоляцией и обваловкой.

4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Существуют следующие чрезвычайные ситуации (ЧС):

- природного характера: паводковые наводнения; лесные и торфяные пожары; ураганы; сильные морозы (ниже -50°C); метели и снежные заносы.
- техногенного характера: открытое газонефтеводопроявление (фонтан); разгерметизация трубопроводов; пожары, взрывы; разливы сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ); отключение электроэнергии.

Для всех объектов нефтяного промысла разрабатывается и утверждается план ликвидации аварии (ПЛА).

В процессе выполнения технологических работ на кустовой площадке месторождения возможны следующие аварийные ситуации:

- открытое фонтанирование из скважин;
- порывы газосборной сети.

В результате открытого фонтанирования может быть выброшено на поверхность большое количество газа и пластовой воды.

В этом случае возможно и попадание ее в открытые водоемы рек и озёр и в подземные горизонты. Это самый опасный вид аварии.

4.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Федеральный государственный надзор за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, осуществляется федеральной инспекцией труда в порядке, установленном Правительством Российской Федерации.

«Межотраслевыми правилами по охране труда» установлено пять квалификационных групп по электробезопасности, каждая из которых предусматривает соответствующий объем требований в отношении профессиональных знаний, стажа работы в электроустановках и практических навыков.

Важным источником информации и оповещения персонала и окружающих является предупреждающие таблички («Высокое напряжение», «Опасная зона», «Не включать, работают люди», «Внимание! Пуск автоматический!»), которые вывешивают непосредственно у данных объектов.

Прием-передача смены во время переключений, пуска и остановки оборудования, аварийных ситуаций, как правило, запрещается. Прибывшая смена должна принять участие в ликвидации аварии по усмотрению руководства ГП.

Режим труда и отдыха персонала объектов устанавливается правилами внутреннего распорядка, разработанных в соответствии с Трудовым кодексом РФ и нормативными правовыми актами, утверждаемыми руководителем ЭО (Филиала ЭО), по согласованию с профсоюзным органом.

Режим труда и отдыха, включающий регламентированные перерывы, устанавливаются с учетом конкретных условий труда, специфики производства и местных условий объекта КС.

Работа с вредными веществами в условиях превышения гигиенических нормативов возможна при использовании СИЗ и/или при сокращении времени контакта с вредными веществами.

Для отдыха оперативного персонала в период регламентированных перерывов предусматривают специальные помещения, оборудованные удобной мебелью и отвечающие санитарно – гигиеническим требованиям.

ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности».

ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы».

ГОСТ 12.0.003.-74.ССБТ.- «Система стандартов безопасности труда опасные и вредные производственные факторы»

ГОСТ 12.1.038-82 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов».

Рассмотрены меры производственной безопасности при выполнении работ на БКНС, и в рамках этого вопроса проанализированы вредные и опасные производственные факторы и рекомендованы мероприятия по их устранению.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В данной работе были рассмотрены основные аспекты моделирования и исследования процесса рассолонения, начиная с физики процесса, сопровождающих его факторов, изучения методов моделирования процесса в гидродинамических симуляторах, и заканчивая построением фильтрационных моделей объектов различного масштаба: модели керна, синтетической модели, секторной модели участка пласта, и проведения на их основе численного исследования рассолонения.

На сегодняшний день проведено три потоковых эксперимента, суть которых состоит в замерах минерализации воды и проницаемости образцов в динамике. Однако здесь существенно то, что рассолонение в эксперименте происходит в однофазной системе – пресная вода вытесняет минерализованную воду. Именно это обстоятельство не позволяет считать данные экспериментов объективными и отражающими реальную картину, поскольку коллектор пласта Вч относится к классу гидрофобных. Нефть, смачивая поверхность породы, создаёт плёнку, ограничивающую контакт воды с солью, что непосредственно должно снижать эффект рассолонения.

Существует также проблема масштабирования параметров рассолонения, оцениваемых по модели кернового эксперимента, в частности константы скорости реакции и закона изменения проницаемости породы при отмыве порового пространства от соли. Данная проблема на сегодняшний день не решена.

Следует отметить, что, фактор увеличения проницаемости среды при растворении соли негативно отражается на вытеснении нефти. Как было отмечено ранее, неоднородность засолонения обуславливает неравномерность продвижения воды по пласту. Рост проницаемости коллектора при рассолонении увеличивает контрастность проницаемости между областями с различной степенью засолонения и усиливает неравномерность вытеснения.

Это подтверждается расчётами на секторной модели.

В целом можно выделить следующие основные задачи, требующие дальнейшего изучения.

Во-первых, создание методики проведения эксперимента по рассолонению керна в системе гидрофобная порода-нефть-вода.

Во-вторых, необходимо разработать метод масштабирования результатов керновых экспериментов на крупномасштабную модель пласта.

В – третьих, необходимо создание обоснованной модели засолонения коллектора пласта Вч и расчёта распределения соли в межскважинном пространстве.

Решение обозначенных задач позволит построить более достоверную фильтрационную модель рассолонения, проверить полученные в данной работе результаты, и найти оптимальный вариант повышения эффективности заводнения на основе расчётов полномасштабной модели объекта Вч.

Основной итог данной работы состоит в том, что согласно проведённому исследованию рассолонение будет негативно влиять на процесс добычи нефти и снижать КИН уже в ближайшей перспективе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Храмченков М.Г., «Элементы физико-химической механики природных пористых сред», Казань, изд. КМО, 2003 г.
2. Королев В.А., «Связанная вода в горных породах: новые факты и проблемы», соросовский образовательный журнал, № 9, 1996 г., стр. 79 – 85.
3. Злочевская Р.И., Королев В.А., «Электроповерхностные явления в глинистых породах», Москва, изд. МГУ, 1988 г.
4. Соколов В.Н., «Формирование микроструктуры глинистых пород», соросовский образовательный журнал, № 7, 1998 г., стр. 83 – 88.
5. Голубев В.С., Кричевец Г.Н., «Динамика геотехнологических процессов», Москва, изд. Недра, 1989 г.
6. Гуревич А.Е., Капченко Л.Н., Кругликов Н.М., «Теоретические основы нефтяной гидрологии», Москва, изд. Недра, 1972 г.
7. Rob Bissel, Gavin Lusby, Mike Roffey, Evgeniy Surkov, Nina Kivva, «Изучение растворения соляных отложений Верхнечонского месторождения».
8. Сурков Е.В. «Создание секторной модели Верхнечонского нефтегазоконденсатного месторождения, с учетом эффекта растворения солей в процессе разработки с ППД заводнением», 2009 г.
9. «Технико-экономическая оценка организации промышленной добычи нефти Верхнечонского месторождения». Бугульма, 1997.
10. «Отчет по подсчету нефти и газа Верхнечонского нефтегазоконденсатного месторождения. Иркутская область, Катангский район (по состоянию на 01.06.94 г.)», Иркутск. Фонды «РУСИА Петролиум», 1994 г. Неустроев В.Л. и др.
11. «Подготовка и нормирование качества воды для заводнения нефтяных месторождений с различными типами коллекторов» Москва, 1987. Обзорная информация. сер. «Нефтепромысловое дело». ВНИИОЭНГ. Редькин И.И., Усачев Б.П.

12. «Разработка программного обеспечения в области нефтегазовой гидрогеологии». ж-л «Разведка и охрана недр», № 2, 1997. Букаты М.Б.
13. «Промысловые и лабораторные исследования свойств продукции скважины № 1017/4к. Пласт Вч2» Тюмень., 2009. Сводный технический отчет. ООО «МНП «ГЕОДАТА».
14. Постановление горного и промышленного надзора России. 06.06.2003 № 71 «Об утверждении Правил охраны недр».
15. Постановление Госгортехнадзора РФ. 11.09.1996 №35. «Инструкция о порядке предоставления горных отводов для разработки газовых и нефтяных месторождений».
16. Федеральный закон "Об экологической экспертизе" от 23.11.1995 N 174-ФЗ. Последняя редакция от 29.12.2015 N 408-ФЗ,
17. ГОСТ Р 12.4.255-2011. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования. Механические методы испытаний.
18. ГОСТ 12.4.026-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения.
19. ГОСТ 12.1.029-80. Система стандартов безопасности труда. Средства и методы защиты от шума.
20. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.