

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 21.04.01. Нефтегазовое дело
 Отделение школы (НОЦ) Отделение нефтегазового дела

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Выбор технологии борьбы с конусообразованием в горизонтальных скважинах при разработке ПК-пластов на месторождении «Х»

УДК 622.243.24

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ93	Якунина Наталья Сергеевна		07.06.2021

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Шарф Ирина Валерьевна	д.э.н.		07.06.2021

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романюк Вера Борисовна	к.э.н.		07.06.2021

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин Александр Иванович	д.т.н.		07.06.2021

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Зятиков Павел Николаевич	д.т.н.		07.06.2021

Результаты освоения образовательной программы

Универсальные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Категория компетенций	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Системное и критическое мышление	УК(У)-1. Способность осуществлять поиск, критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	И.УК(У)-1.1. Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
		И. УК(У)-1.2. Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению
		И.УК(У)-1.3. Разрабатывает стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и других современных междисциплинарных подходов; обосновывает выбор темы исследований на основе анализа явлений и процессов в конкретной области научного знания
		И.УК(У)-1.4. Использует логико-методологический инструментарий для критической оценки современных концепций в своей предметной области
Разработка и реализация проектов	УК(У)-2. Способность управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	И.УК(У)-2.1. Определяет проблему и способ ее решения через реализацию проектного управления
		И.УК(У)-2.2. Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения
		И.УК(У)-2.3. Осуществляет мониторинг за ходом реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта
Командная работа и лидерство	УК(У)-3. Способность организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	И. УК(У)-3.1. Планирует и корректирует свою социальную и профессиональную деятельность с учетом интересов, особенностей поведения и мнений людей, с которыми работает и взаимодействует
		И.УК(У)-3.2. Организует дискуссии по заданной теме и обсуждение результатов работы команды
		И.УК(У)-3.3. Планирует командную работу, распределяет поручения и делегирует полномочия членам команды
Коммуникация	УК(У)-4. Способность применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	И.УК(У)-4.1. Решает конкретные задачи профессиональной деятельности на основе академического и профессионального взаимодействия с учетом анализа мнений, предложений, идей отечественных и зарубежных коллег
		И.УК(У)-4.2. Составляет, переводит и редактирует различные академические тексты (рефераты, эссе, обзоры, статьи и т.д.)
		И.УК(У)-4.3. Представляет результаты академической и профессиональной деятельности на различных научных мероприятиях, включая международные
		И.УК(У)-4.4. Планирует и организывает совещания, деловые беседы, дискуссии по заданной теме; аргументированно и конструктивно отстаивает свою точку зрения, позицию, идею в

Категория компетенций	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
		академических и профессиональных дискуссиях на государственном и иностранном языках
Межкультурное взаимодействие	УК(У)-5. Способность анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	И.УК(У)-5.1. Осуществляет профессиональную и социальную деятельность с учетом особенностей поведения и мотивации людей различного социального и культурного происхождения, в том числе особенностей деловой и общей культуры представителей других этносов и конфессий
Самоорганизация и саморазвитие (в том числе здоровье сбережение)	УК(У)-6. Способность определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	И.УК(У)-6.1. Анализирует использование рабочего времени в широком спектре деятельности: планирование, распределение, постановка целей, делегирование полномочий, анализ временных затрат, мониторинг, организация, составление списков и расстановка приоритетов
		И.УК(У)-6.2. Сочетает выполнение текущих производственных задач с повышением квалификации; корректирует планы в соответствии с имеющимися ресурсами
		И.УК(У)-6.3. Планирует профессиональную траекторию с учетом особенностей как профессиональной, так и других видов деятельности и требований рынка труда

Общепрофессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Категория компетенций	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Применение фундаментальных знаний	ОПК(У)-1. Способность решать производственные и (или) исследовательские задачи на основе фундаментальных знаний в нефтегазовой области	И.ОПК(У)-1.1. Демонстрирует навыки физического и программного моделирования отдельных фрагментов процесса выбора оптимального варианта для конкретных условий И.ОПК(У)-1.2. Использует фундаментальные знания профессиональной деятельности для решения конкретных задач нефтегазового производства И.ОПК(У)-1.3. Анализирует причины снижения качества технологических процессов и предлагает эффективные способы повышения качества производства работ при выполнении различных технологических операций
Техническое проектирование	ОПК(У)-2. Способен осуществлять проектирование объектов нефтегазового производства	И.ОПК(У)-2.1. Использует знание алгоритма организации выполнения работ в процессе проектирования объектов нефтегазовой отрасли И.ОПК(У)-2.2. Формулирует цели выполнения работ и предлагает пути их достижения И.ОПК(У)-2.3. Выбирает соответствующие программные продукты или их части для решения конкретных профессиональных задач
	ОПК(У)-3. Способность разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии	И.ОПК(У)-3.1. Анализирует информацию и составляет обзоры, отчеты И.ОПК(У)-3.2. Владеет навыками аналитического обзора при подготовке рефератов, публикаций и не менее 50 источников при подготовке магистерской диссертации

Работа с информацией	ОПК(У)-4. Способность находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности	И.ОПК(У)-4.1. Определяет основные направления развития инновационных технологий в нефтегазовой отрасли И.ОПК(У)-4.2. Обрабатывает результаты научно-исследовательской, практической технической деятельности, используя имеющееся оборудование, приборы и материалы
Исследование	ОПК(У)-5. Способность оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в нефтегазовой отрасли и смежных областях	И.ОПК(У)-5.1. Определяет на профессиональном уровне особенности работы различных типов оборудования и выявление недостатков в его работе И.ОПК(У)-5.3. Интерпретирует результаты лабораторных и технологических исследований применительно к конкретным условиям
Интеграция науки и образования	ОПК(У)-6. Способность участвовать в реализации основных и дополнительных профессиональных образовательных программ, используя специальные научные и профессиональные знания	И.ОПК(У)-6.1. Демонстрирует знания основ педагогики и психологии И.ОПК(У)-6.2. Демонстрирует умение общаться с аудиторией, заинтересовать слушателей

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Область и сфера профессиональной деятельности	Задача профессиональной деятельности	Основание - профессиональный стандарт, анализ опыта, форсайт	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Тип задач профессиональной деятельности: педагогический				
1 «Образование и наука» (в сфере научных исследований)	1. Разработка методических материалов, для обеспечения подготовки и аттестации специалистов	01.004 Профессиональный стандарт «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 8 сентября 2015 г. № 608н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 24 сентября 2015 г., регистрационный № 38993)	ПК(У) -1. Способен разрабатывать методическое обеспечение для первичной и периодической подготовки и аттестации специалистов в области добычи углеводородного сырья	И.ПК(У) -1. Участвует в разработке методических документов по вопросам проведения геолого-промысловых работ, проектирования, отчетности, подготовки и аттестации в области промышленной безопасности на опасных производственных объектах в процессах добычи углеводородного сырья

		ОТФ G Научно-методическое и учебно-методическое обеспечение реализации программ профессионального обучения		
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
19 Добыча, переработка, транспортировка нефти и газа	1. Организация и руководство работ по добыче углеводородного сырья. 2. Обеспечение оперативного и инженерного руководства технологическим процессом добычи нефти, газа и газового конденсата. 3. Контроль и сопровождение выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту, диагностическому обследованию оборудования по добыче углеводородного сырья. 4. Организация и контроль за проведением геолого-промысловых работ	19.007 Профессиональный стандарт «Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата» (Утвержден приказом Минтруда России от 03.09.2018 № 574н); ОТФ D «Организация работ по добыче углеводородного сырья» ОТФ E «Руководство работами по добыче углеводородного сырья» 19.021 Профессиональный стандарт «Специалист по промысловой геологии» (Утвержден приказом Минтруда России от 10.03. 2015 № 151н); ОТФ B «Организация геолого-промысловых работ»	ПК(У) -2. Способен анализировать и обобщать данные о работе технологического оборудования, осуществлять контроль, техническое сопровождение и управление технологическими процессами добычи углеводородного сырья	И.ПК(У) -2.1. Руководит организационно-техническим сопровождением работ по восстановлению работоспособности нефтегазопромыслового оборудования при эксплуатации объектов добычи нефти и газа
			ПК(У) -3. Способен оценивать эффективность инновационных технологических решений в процессе выполнения производственных показателей при разработке и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений углеводородного сырья	И.ПК(У) -3.1. Оценивает повышение эффективности добычи углеводородного сырья и проведения геолого-промысловых работ в процессе выполнения производственных показателей при разработке и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений

			ПК(У)-4. Способен обеспечивать безопасную и эффективную эксплуатацию и работу технологического оборудования нефтегазовой отрасли	И.ПК(У) -4.1. Обеспечивает эффективную эксплуатацию технологического оборудования, конструкций, объектов, агрегатов, механизмов в процессе добычи углеводородного сырья в соответствии с требованиями нормативной документации
			ПК(У)-5. Способен участвовать в управлении технологическими комплексами, принимать решения в условиях неопределенности	И.ПК(У) - 5.1. Руководит персоналом подразделений по добыче углеводородного сырья и геолого-промысловых работ в процессе разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
19 Добыча, переработка, транспортировка нефти и газа	1. Составление текущих и перспективных планов по проведению геолого-промысловых работ 2. Разработка и контроль выполнения производственных планов и программ научно-исследовательских работ (НИР) 3. Разработка плановой, проектной и методической документации для	19.007 Профессиональный стандарт «Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата» (Утвержден приказом Минтруда России от 03.09.2018 № 574н); ОТФ Е «Руководство работами по добыче углеводородного сырья» 19.021 Профессиональный стандарт «Специалист по промысловой геологии» (Утвержден приказом	ПК(У)-6. Способен применять полученные знания для разработки и реализации проектов и научно-исследовательских работ различных процессов производственной деятельности на основе методики проектирования в нефтегазовой отрасли, а также инструктивно-нормативных документов	И.ПК(У) -6.1. Разрабатывает текущее и перспективные планы по эффективному проведению геолого-промысловых работ и добыче углеводородного сырья на основе методик и требований проектирования в нефтегазовой отрасли, а также инструктивно-нормативных документов

	<p>геолого-промысловых работ</p>	<p>Минтруда России от 10.03. 2015 № 151н);</p> <p>ОТФ В «Организация геолого-промысловых работ»</p> <p>ОТФ С «Разработка и контроль выполнения производственных планов и программ научно-исследовательских работ»</p>	<p>ПК(У)-7. Способен применять современные программные комплексы для научно-исследовательских работ и проектирования технических устройств, аппаратов и механизмов, технологических процессов в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности</p>	<p>И.ПК(У)-7.1. Разрабатывает плановую, проектную, научно-исследовательскую и методическую документацию для геолого-промысловых работ и работ по добыче углеводородного сырья с применением современных программных комплексов для проектирования технологических процессов, перевооружений, технических устройств, аппаратов и механизмов в процессе разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений</p>
--	----------------------------------	---	---	--

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 21.04.01. Нефтегазовое дело _____
 Отделение школы (НОЦ) Нефтегазового дела _____

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ93	Якуниной Наталье Сергеевне

Тема работы:

Выбор технологии борьбы с конусообразованием в горизонтальных скважинах при разработке ПК-пластов на месторождении «Х»
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2021
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является месторождения «Х» Томской области. Предметом исследования является пласт ПК18-20, который относится к трудноизвлекаемым запасам, основной проблемой которого является наличие подстилающей воды, что ведет к преждевременному прорыву воды к забоям добывающих скважин по причине конусообразования.</p> <p>Исходные данные к работе:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Пакет геологической и геофизической информации по исследуемому месторождению. – Тексты и графические материалы отчетов и научно-исследовательских работ. – Фондовая и периодическая литература. – Материалы исследовательских институтов.
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Обзор литературы. – Объект и методы исследования. – Проанализировать текущее состояние разработки эксплуатационного объекта ПК₁₈₋₂₀ месторождения «Х». – Оценить эффективность работы горизонтальных скважин на объекте ПК₁₈₋₂₀. – Рассмотреть возможные решения проблемы конусообразования в добывающих скважинах при разработке объекта ПК₁₈₋₂₀. – Обосновать технологическую эффективность применения устройств контроля притока в горизонтальном стволе при бурении на пласт ПК₁₈₋₂₀. – Выполнить технико-экономическую оценку предлагаемых решений. – Социальная ответственность. – Заключение.
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент</p>	<p>Романюк Вера Борисовна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Сечин Александр Иванович</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p> </p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>15.03.2021</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Шарф Ирина Валерьевна	д.э.н.		15.03.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ93	Якунина Наталья Сергеевна		15.03.2021

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ93	Якуниной Наталье Сергеевне

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль <u>«Разработка и эксплуатация нефтегазовых месторождений»</u>

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Раздел ВКР включает: методику расчёта показателей; исходные данные для расчёта и их источники; результаты расчётов и их анализ.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций в ходе выполнения операций согласно справочникам Единых норм времени (ЕНВ) и др.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Ставка налога на прибыль 20 %; Страховые взносы 30%; Налог на добавленную стоимость 20%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Расчет капитальных и текущих затрат и финансового результата реализации проекта
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	График выполнения работ
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Расчет экономической эффективности внедрения новой техники или технологии

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Диаграмма экономической эффективности использования горизонтальных скважин с устройствами контроля притока при разработке ПК-пластов.
2. Анализ чувствительности проекта.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	07.03.2021
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Романюк В.Б.	к.э.н, доцент		27.03.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ93	Якунина Наталья Сергеевна		27.03.2021

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ93	Якуниной Наталье Сергеевне

ШКОЛА	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение	Нефтегазовое дело
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Разработка и эксплуатация нефтегазовых месторождений»

Тема дипломной работы: «Выбор технологии борьбы с конусообразованием в горизонтальных скважинах при разработке ПК-пластов месторождения «Х»»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»: Объектом исследования является пласт ПК ₁₈₋₂₀ нефтегазового месторождения Томской области. Область применения выполненных работ – аналогичные месторождения с трудноизвлекаемыми запасами углеводородов.	
Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства. Рассмотреть организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность Анализ показателей шума и вибрации <ul style="list-style-type: none"> установление соответствие показателей нормативному требованию; Анализ показателей микроклимата <ul style="list-style-type: none"> показатели температурные, скорости движения воздуха, запыленности. Анализ освещенности рабочей зоны <ul style="list-style-type: none"> типы ламп, их количество, соответствие нормативному требованию освещенности; при расчете освещения указать схему размещения светильников на потолке согласно проведенному расчету. Анализ электробезопасности <ul style="list-style-type: none"> наличие электроисточников, характер их опасности; установление класса электроопасности помещения, а также безопасные номиналы тока, напряжения, сопротивления заземления. при расчете заземления указать схему размещения заземлителя согласно проведенному расчету. Анализ пожарной безопасности <ul style="list-style-type: none"> присутствие горючих материалов, тем самым, присутствие повышенной степени пожароопасности. категории пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение. Разработать схему эвакуации при пожаре. 	Выявлены следующие вредные и опасные факторы: <ul style="list-style-type: none"> повышенная запыленность и загазованность воздуха; повышенный уровень шума и вибраций; недостаточная освещенность; токсическое и раздражающее воздействие на организм человека химических веществ; отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе; движущиеся машины и механизмы; сосуды и аппараты под давлением; пожаробезопасность; лектробезопасность.
2. Экологическая безопасность: <ul style="list-style-type: none"> защита селитебной зоны анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); 	Рассмотрены следующие вопросы: <ul style="list-style-type: none"> анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы газовых

<ul style="list-style-type: none"> • анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); • анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); • разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>компонентов в атмосферу);</p> <ul style="list-style-type: none"> • анализ воздействия объекта на гидросферу (промышленные стоки и прорывы амбаров в сточные воды); • анализ воздействия объекта на литосферу (механическое разрушение почв и разлитие химических агентов).
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> • перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; • выбор наиболее типичной ЧС; • разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; • разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>Рассмотрены следующие вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; • разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; • разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	26.02.2021 г.
---	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Сечин А.И.	Д.т.н., профессор		26.02.2021 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ93	Якунина Наталья Сергеевна		26.02.2021 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 111 страниц, 33 рисунка, 10 таблиц, 48 источников, 3 приложения.

Ключевые слова: конусообразование, горизонтальные скважины, трудноизвлекаемые запасы, углеводороды, месторождение, пласт.

Объектом исследования является месторождения «Х» Томской области. Предметом исследования является пласт ПК₁₈₋₂₀, который относится к трудноизвлекаемым запасам, основной проблемой которого является наличие подстилающей воды, что ведет к преждевременному прорыву воды к забоям добывающих скважин по причине конусообразования.

Цель работы – выбор технологии борьбы с конусообразованием в горизонтальных скважинах при разработке ПК-пластов месторождения «Х».

В процессе исследования проводились геолого-физическая характеристика месторождения, сравнение проектных и текущих показателей разработки, рассмотрение технологий борьбы с конусообразованием в скважинах, а также анализ эффективности их применения.

В результате исследования произведена оценка технологической эффективности применения УКП в горизонтальном стволе при бурении на пласт ПК₁₈₋₂₀, согласно которой установка УКП позволит значительно снизить темпы обводнения по стволу скважины и повысить отборы нефти почти в 2 раза.

Научная новизна

В результате исследования была предложена технология для решения проблемы с конусообразованием в добывающих скважинах при разработке объекта ПК₁₈₋₂₀, которая заключается в установке устройств контроля притока для выравнивания профиля притока.

Практическая значимость

На основании проведенных технико-экономических расчетов технологической и экономической эффективности применения устройств

контроля притока, было доказано, что применение устройства контроля притока в горизонтальных скважинах позволяет снизить темпы обводнения ствола ГС, что способствует увеличению отборов на 40 %. Экономическая эффективность подтверждается чистым дисконтированным доходом, который составит 444 млн. руб.

В будущем планируется провести оценку эффективности различных методов увеличения нефтеотдачи. В частности, возможные способы заводнения без риска получения «кинжальных» прорывов воды к забоям добывающих скважин.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВНК – водонефтяной контакт

ГРП – гидравлический разрыв пласта

ГС – горизонтальная скважина

ГТМ – геолого-техническое мероприятие

КРС – капитальный ремонт скважин

ЛА – ликвидация аварии

МГРП – многостадийный гидравлический разрыв пласта

НДД – налог на добавленный доход

НДС – налог на добавленную стоимость

НКТ – насосно-компрессорные трубы

ПЗП – призабойная зона пласта

ПНГ – попутный нефтяной газ

ППД – поддержание пластового давления

РИР – ремонтно-изоляционные работы

РФ – Российская Федерация

ФЕС – фильтрационно-емкостные свойства

ЧДД – чистый дисконтированный доход

ЭЦН – электрические центробежные насосы

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	18
1 КОНУСООБРАЗОВАНИЕ: ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ	20
1.1 Понятие конусообразования и условия образования	20
1.2 Причины конусообразования.....	24
1.3 Методы, позволяющие замедлить рост обводнения скважины	31
2 АНАЛИЗ РАЗРАБОТКИ ПК-ПЛАСТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «Х»	35
2.1 Общие сведения о месторождении: стратиграфия и нефтегазоносность .	35
2.2 Физико-химические свойства пластовых флюидов	38
2.3 Анализ текущего состояния разработки пласта ПК ₁₈₋₂₀	44
2.4 Анализ эксплуатации фонда скважин	50
2.4 Конусообразование на месторождении Х: причины образования и методы борьбы	55
3 УВЕЛИЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН	60
3.1 Выбор оптимальной депрессии	60
3.2 Анализ эффективности работы горизонтальных скважин объекта ПК ₁₈₋₂₀	63
3.3 Повышение эффективности работы горизонтальных скважин	66
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	73
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	77
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	77
5.2 Производственная безопасность.....	79
5.2.1 Анализ вредных производственных факторов.....	80
5.2.2 Анализ опасных производственных факторов.....	84
5.3 Экологическая безопасность.....	87
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	92

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	93
Приложение А. Геологический разрез пластов группы ПК.....	98
Приложение Б. Структурная карта и карта нефтенсыщенности.....	99

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы, в связи с ухудшением ресурсной базы, многие недропользователи приступают к разработке залежей с трудноизвлекаемыми запасами. С каждым годом требуется находить новые подходы к разработке уже открытых месторождений, для того чтобы обеспечивать необходимый уровень добычи нефти.

Большинство нефтяных залежей, разрабатываемых в настоящее время, частично или полностью подстилаются подошвенными водами, оконтуриваются краевыми водами, а в ряде случаев имеет место и то, и другое одновременно. Разработка водоплавающих нефтяных залежей характеризуется незначительным по продолжительности, а в ряде случаев и вовсе отсутствующим безводным периодом эксплуатации скважин, высокой себестоимостью добываемой нефти, повышенной обводненностью добываемой продукции, низкими дебитами по нефти и низким коэффициентом извлечения нефти, малыми темпами разработки. Как показывают анализы разработки месторождений с подошвенной водой, конусообразование (процесс стягивания подошвенных вод в скважину через забой или в нижние отверстия перфорированного интервала колонны) является основной причиной обводнения скважин. Это значительно снижает конечные значения коэффициента извлечения нефти и рентабельность разработки месторождения в целом.

Таким образом, **целью** работы является: выбор технологии борьбы с конусообразованием в горизонтальных скважинах при разработке ПК-пластов месторождения «Х».

Для достижения поставленной задачи необходимо решить следующие задачи:

– проанализировать текущее состояние разработки эксплуатационного объекта ПК₁₈₋₂₀ месторождения «Х»;

– оценить эффективность работы горизонтальных скважин на объекте ПК₁₈₋₂₀;

- рассмотреть возможные решения проблемы конусообразования в добывающих скважинах при разработке объекта ПК₁₈₋₂₀;
- обосновать технологическую эффективность применения устройств контроля притока в горизонтальном стволе при бурении на пласт ПК₁₈₋₂₀;
- выполнить технико-экономическую оценку предлагаемых решений.

Объектом исследования является месторождение «Х» Томской области.

Предметом исследования является пласт ПК₁₈₋₂₀, который относится к трудноизвлекаемым запасам, основной проблемой которого является наличие подстилающей воды, что ведет к преждевременному прорыву воды к забоям добывающих скважин по причине конусообразования.

Информационной базой послужили учебная и научная литература, отраслевые регламенты, руководящие документы, инструкции годовые отчеты компании.

Научная новизна: в результате исследования была предложена технология для решения проблемы с конусообразованием в добывающих скважинах при разработке объекта ПК₁₈₋₂₀, которая заключается в установке устройств контроля притока для выравнивания профиля притока.

Практическая значимость: на основании проведенных технико-экономических расчетов технологической и экономической эффективности применения устройств контроля притока, было доказано, что применение устройства контроля притока в горизонтальных скважинах позволяет снизить темпы обводнения ствола ГС, что способствует увеличению отборов на 40%. Экономическая эффективность подтверждается чистым дисконтированным доходом, который составит 444 млн. руб.

1 КОНУСООБРАЗОВАНИЕ: ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ

1.1 Понятие конусообразования и условия образования

Конусообразование – процесс продвижения подошвенных вод и верхнего газа в следствии деформации поверхности раздела фаз в пористой среде [1].

Обзор литературы показывает, что теме конусообразования воды посвящено большое число исследований: от экспериментальных исследований до аналитического и численного моделирования. При создании модели конусообразования делаются допущения относительно размеров пласта, влияния конуса воды на распределение давления в пласте, капиллярных сил и др. Для оценки конуса воды авторы используют такие параметры, как предельный дебит, время прорыва воды, обводненность продукции после прорыва воды. Временем прорыва воды считается время, за которое происходит прорыв воды к перфорационным отверстиям добывающей скважины и которое отсчитывается от начала превышения предельного безводного дебита [2].

В работе [3] Прускурин В.А., Хасамутдинов н.И. и др. получили зависимость для определения предельного безводного дебита для статического конуса у основания перфорации. Скважина с глубиной вскрытия пласта D и толщиной пласта h подстилается водоносным горизонтом.

Чейни П.Э., Хенсон В.Л. [4] разработали метод определения предельного безводного дебита нефти для фиксированных геометрии пласта и характеристик пластовых жидкостей и коллектора с помощью опытов, проведенных на потенциометрическом анализаторе. По их словам, диаметр скважины и диаметр отверстий значительного влияния на скорость притока воды или газа к забою не оказывают. Математические уравнения, составленные для определенной геометрии пласта, где градиенты давления

рассчитаны потенциометрическим анализатором, были преобразованы для пластовой системы с подобной геометрией. Авторы построили кривые, которые показывают зависимость предельного дебита Q от расстояния a от верхних дыр перфорации до газонефтяного контакта – в случае верхнего газа или до кровли пласта – в случае его отсутствия. С помощью пересчетных формул можно использовать графики и при других значениях параметров коллектора и жидкостей.

В статье [5] Чаперсон И. создал метод определения предельного дебита для газового конуса, однако этот метод применим и для конусообразования воды. Он предположил, что скважина вскрывает малую часть пласта, так что ее можно рассматривать как точечный сток, расположенный в начале полубесконечной пористой среды.

В статье [6] Салаватовым Т.Ш. изучено влияние различных параметров пласта и жидкости (горизонтальная проницаемость, вертикальная проницаемость, радиус дренажа, нефтенасыщенная мощность пласта, длина горизонтального участка скважины, вязкость нефти, пористость, дебит нефти) на процесс конусообразования в горизонтальных скважинах.

Лысачкиным Д.О., Шилковым К.Д. и др. [7] был рассмотрен процесс динамического конусообразования с помощью специализированного программного продукта для моделирования процессов разработки залежей углеводородного сырья, также исследовано влияние фазовых проницаемостей на дебиты скважинной продукции и профиль притока вдоль горизонтального ствола.

При эксплуатации нефтяных скважин с подошвенной водой появляется тенденция к деформированию поверхности раздела двух фаз, которая принимает холмообразный вид, образуя конус воды. При некоторых установившихся условиях отбора деформированные поверхности раздела находятся в равновесии (рис.1) и не оказывают существенного влияния на приток добываемого флюида к скважине.

При создании на скважине определенной депрессии первоначально

горизонтальная граница раздела между нефтью и подошвенной водой (водонефтяной контакт) искривляется, образуется водяной холм, который называется конусом. Конусообразование имеет место в вертикальных скважинах, где водонефтяной контакт (ВНК) находится рядом с нижними перфорационными отверстиями в пластах с относительной высокой вертикальной проницаемостью (рис.1). В горизонтальных скважинах данное явление называют языкообразованием.

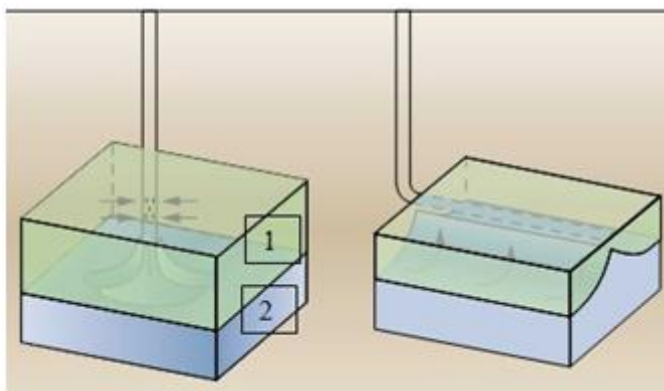


Рисунок 1 – Конусо- или языкообразование

1 – нефть, 2 – вода [12]

Вязкое языкообразование фронта вытеснения называется образованием опережающих потоков вытесняющей воды в нефтенасыщенной пористой среде. Оно обуславливается превышением вязкости вытесняемого агента над вязкостью вытесняющего и усиливается с его ростом. Темп обводнения нефтяных скважин возрастает с увеличением величины соотношения вязкостей пластовой нефти и закачиваемой воды.

Равновесие характеризуется предельным дебитом, превышение которого приводит к прорыву воды к скважине (рис. 2). В случае если дебит скважины не превышает предельного значения, то прорыв воды произойдет лишь при достижении вершиной конуса интервала перфорации, за счет общего поднятия ВНК. Величина предельного дебита зависит от физических свойств пласта, жидкостей и относительного вскрытия продуктивной части пласта. В пластах с малой проницаемостью вдоль напластования реализация

предельных дебитов ввиду их малость экономически не выгодна. Также не выгодна эксплуатация скважин и с максимально возможным дебитом, так как вода быстро прорывается в скважину, и начинается совместный приток нефти и воды.

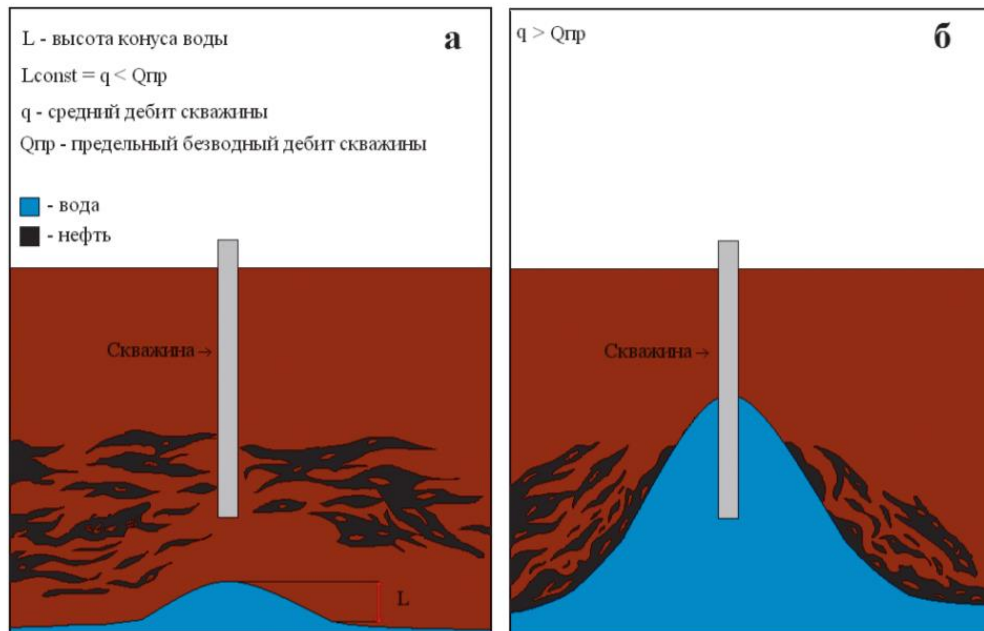


Рисунок 2 – Деформирование поверхности раздела двух фаз: а) конус в статическом состоянии; б) статичность конуса нарушена

Скважина, остановленная по причине высокой обводненности, может быть запущена повторно с прежними дебитами нефти. Это объясняется тем, что после остановки скважины, через некоторое время, вследствие перераспределения давления и силы тяжести, конус воды опускается, не изменяя остаточной нефтенасыщенности в области дренирования скважины [9]. Для этого скважина должна соответствовать ряду критериев:

- наличие достаточного количества извлекаемых запасов по блоку;
- компенсация по блоку не более 13%; промысловый опыт показывает, что в «перекаченных» блоках скважины, запущенные из бездействия, не выходят на нефть;

– нарушена статичность конуса, что может говорить об опережающей роли конуса в обводнении скважины по отношению к нагнетательным скважинам;

– обводнение скважины по причине подъема конуса воды.

Последние два критерия наиболее важны, так как если запустить скважину, обводненность которой была следствием прорыва вод из нагнетательной скважины, мы получим примерно тот же дебит и ту же обводненность, что и перед остановкой.

1.2 Причины конусообразования

Из опыта разработки нефтяных залежей с подстилаемой подошвенной водой установлено, что образование конусов пластовой воды является одной из основных причин развития обводненности продукции добывающих скважин.

Геолого-физические факторы. Анализ геологического строения нефтяных залежей необходимо проводить еще до бурения поисковых, разведочных и добывающих скважин, так как в дальнейшем при разработке и анализировании причин возникновения и развития высокой обводненности продукции это существенно позволит сузить интервал возможных причин. Такого рода анализ должен базироваться, в первую очередь, на изучении путей поступления пластовых вод из водоносного горизонта к конкретной добывающей скважине.

Так, к примеру, возникновение явления конусообразования пластовых вод зачастую встречается в залежах массивного типа (рис. 3), где нефтеносная часть подстилается водоносной, а также в краевых частях залежей пластово-сводового типа (рис. 4). Поэтому, еще на стадии строительства скважин на таких месторождениях (залежей) необходимо тщательно уделять внимание положению ВНК.

Вследствие нарушения раздела «нефть-вода» и подъема ВНК пластовая вода может постепенно появиться также и в скважинах, пробуренных в

границах внутреннего контура нефтеносности залежи. Поэтому необходимо четко понимать и уверенно отличать причины поступления пластовой воды в результате равномерного подъема ВНК в скважину, в результате чего залежь становится на определенном участке водоплавающей, от прорыва пластовой воды в скважину по наиболее проницаемым зонам в подошвенной зоне пласта [10].

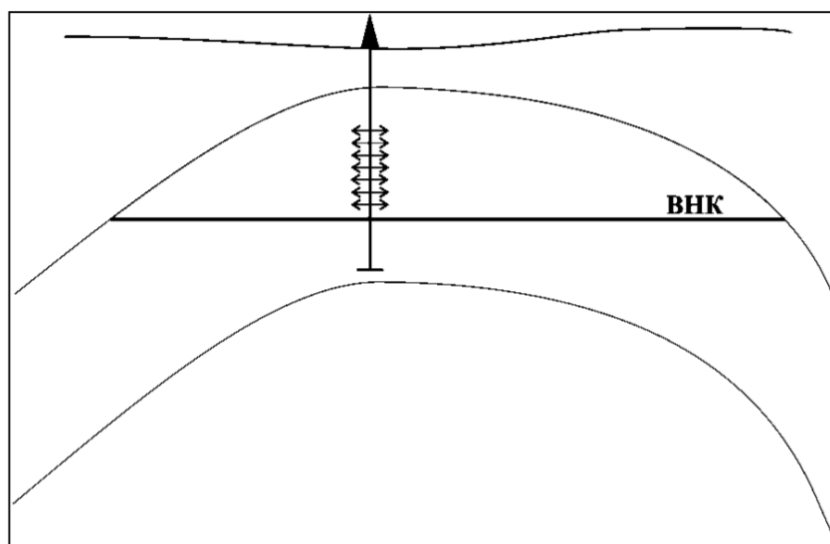


Рисунок 3 – Массивный тип залежи

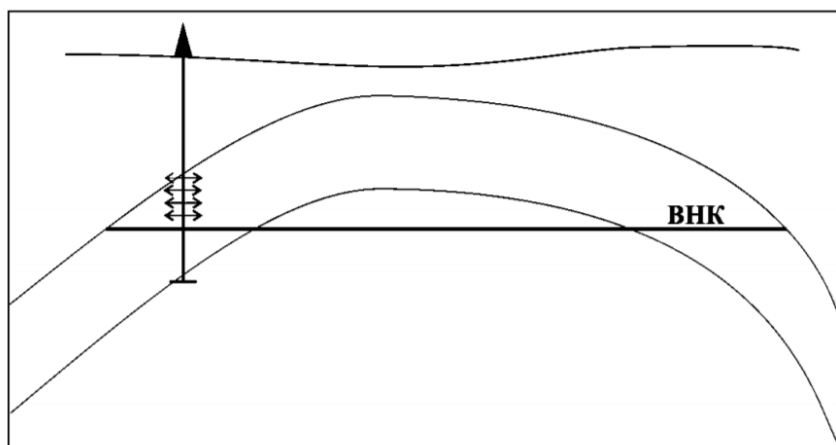


Рисунок 4 – Пластово-сводовый тип залежи

Также необходимо отметить, что явление конусообразования возможно только при водонапорном или упруговодонапорном режимах работы залежи. Так, при поступлении краевых вод движение пластовой воды идет вдоль напластования, в основном это характерно для продуктивных пластов

небольшой толщины с заметным углом наклона. А напор подошвенных вод, наоборот, характерен для пластов большой толщины с малым углом падения.

Специалисты и ученые, занимающиеся изучением причин обводненности скважин, в частности вследствие конусообразования, выделяют следующие случаи притока нефти в добывающую скважину [11, 12].

1. Нефть поступает к перфорированному интервалу скважин, в основном, под напором нижележащих подошвенных вод (воды краевые в данном случае малоактивны). Таким образом, скорость движения поверхности раздела ВНК превышает скорость, при которой происходит подтягивание контура нефтеносности.

2. Вытеснение нефти идет за счет движения краевых вод вдоль напластования, здесь наоборот, малоактивны подошвенные воды.

3. Приток нефти к перфорированной части скважин осуществляется за счет движения совместно как подошвенных, так и контурных вод.

Известно, что граница ВНК претерпевает колоссальный перепад давления из-за высокой разницы давлений в водоносной части пласта и низкого давления на забое добывающей скважины. Линии тока при этом ортогональны первоначальной границе водонефтяного контакта и направлены вверх (рис.5). При приближении к забою скважин линии начинают постепенно отклоняться на уровне вскрытой толщины пласта. Вытеснение углеводородов при этом происходит за счет движения раздела «нефть-вода», сопровождаемого конусообразованием. Основная причина конуса состоит в том, что величина вертикальной составляющей скорости движения контакта «нефть-вода» принимает максимальное значение вдоль оси скважины. Такая форма может образовываться тогда, когда нижележащие подошвенные воды «малоактивны» или вообще не принимают участия в вытеснении. Приток нефти к добывающей скважине, несовершенной по степени вскрытия, считают плоскорадиальным [11,12].

Внутренняя зона характеризуется неким пространственным притоком, когда линии тока искривлены (рис.5).

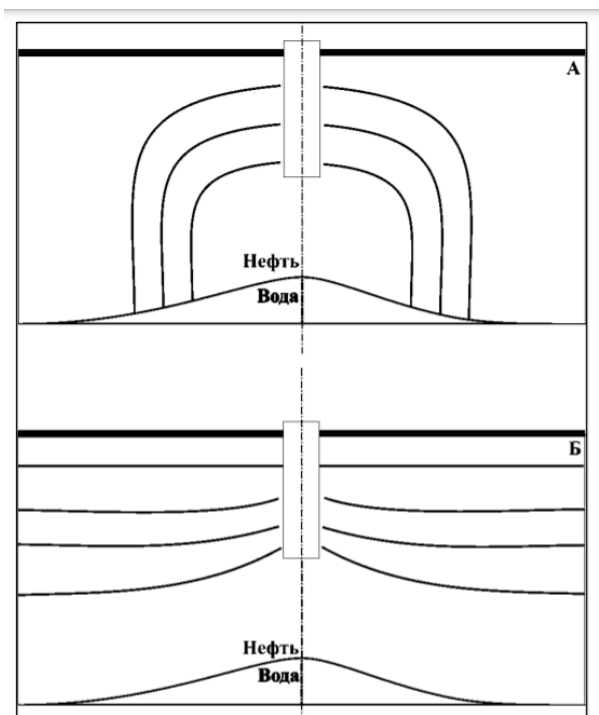


Рисунок 5 – Схемы линий, характеризующиеся напором подошвенных (а) и краевых пластовых вод (б) [12]

При искривлении линий проявляется вертикальная составляющая скорости фильтрации, у которой значение возрастает при приближении к оси скважины. Наличие этой вертикальной составляющей ведет к подтягиванию поверхности ВНК, а ее уменьшение предопределяет образование конуса при увеличении расстояния от оси.

Как уже было отмечено ранее, при эксплуатации залежей, подстилаемых подошвенными водами, темп отбора углеводородов обуславливается возникновением перепадов давлений на границе ВНК, деформацией этого контакта, в результате чего и происходит движение пластовой воды к перфорированной части добывающих скважин. Главным параметром при установлении режима работы скважин и последующем прогнозировании показателей разработки залежи является анизотропия пласта.

Согласно М. Маскету [13] анизотропия пласта-коллектора оказывает существенное влияние на эффективность размещения добывающих и нагнетательных скважин в контуре залежи. Так, к примеру, низкая проницаемость пласта по вертикали существенно препятствует быстрому образованию конуса пластовых вод и позволяет поверхности ВНК выполаживаться. Высокая же проницаемость по вертикали, наоборот, способствует быстрому движению вершины конуса к забою скважины.

В работе [14] Быкадорова А.В. на примере Ключевского месторождения (скважина № 1) показано как влияет неоднородность пласта (по отношению K_z/K_{xy}) на показатели эксплуатации добывающей скважины. Проведенные расчеты позволили сделать вывод, что отношение K_z/K_{xy} существенно влияет на степень обводненности скважины.

В работе [15] Новоселовым С.В. математическим методом обосновано, что при больших значениях анизотропии наблюдается высокий коэффициент нефтеотдачи. Снижение значения анизотропии пласта повышает высоту конуса, тем самым снижая коэффициент извлечения нефти (КИН).

Известно, что наличие в стратиграфическом разрезе скважин непроницаемых глинистых пропластков (перемычек), существенно способно снизить вероятность конусообразования. И, как правило для того, чтобы спрогнозировать вероятность образования конуса пластовых вод, по скважинным данным строится структурная карта контактности углеводородов с подошвенной водой.

Также для установления эффективности влияния непроницаемых «барьеров» строится график зависимости темпа обводненности скважин от толщины глинистого экрана. Чем меньше темп обводненности, тем эффективней «барьер».

Специалистами и учеными установлено, что при эксплуатации скважин, пробуренных в пластах карбонатного типа, характеризующегося наличием систем трещин, и при наличии ниже залегающей воды характеризуется наиболее интенсивным прорывом воды к перфорированной

части скважины по сравнению с движением конуса воды в терригенных породах-коллекторах [13].

Далее для установления причин развития обводненности скважин также приоритетной является информация о вязкости нефти и ее соотношение с вязкостью пластовой воды. В случае, если такое отношение мало, то даже при наличии высокой микронеоднородности пласта, движение раздела имеет более равномерный характер [10, 16].

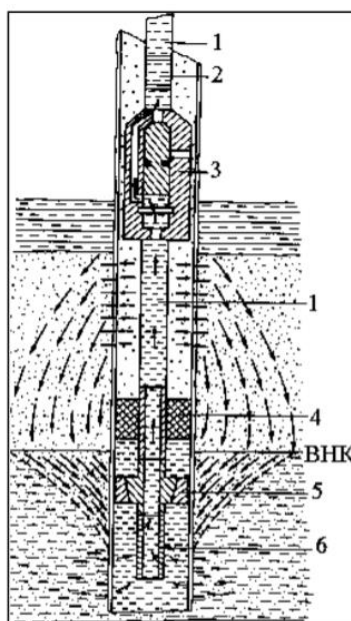
В пластовых условиях повышенная плотность пластовой воды по сравнению с плотностью нефти приводит к замедлению деформации границы ВНК и выполаживанию конуса. Данный эффект проявляется при малых отборах нефти и низкой депрессии.

При изучении процесса конусообразования немаловажное значение имеет и радиус контура питания скважины. В работе [15] доказано, что при использовании методики Маскета-Чарного с увеличением эффективной нефтенасыщенной толщины продуктивного пласта также увеличивается площадь фильтрационного потока и, соответственно, предельный дебит.

Технико-технологические факторы. Явление конусообразования, как правило, имеет место в вертикальных и наклонно-направленных добывающих скважинах, где граница ВНК может находиться вблизи имеющихся перфорационных отверстий, в пластах с высокой анизотропией. Максимальный суточный дебит добывающей скважины, при котором не возникает деформирование раздела ВНК и, соответственно, не происходит формирование конуса называется критическим. В скважинах с горизонтальным окончанием такое явление называется иначе – языкообразованием, при котором формирующийся конус пластовой воды стремится полностью охватить весь горизонтальный участок [16, 17].

Зачастую, на промысле, в качестве средства борьбы с образованием «прямого конуса» (т.е. конус воды) применяют, так называемый, «обратный» конус (т.е. конус нефти). В этом случае скважину изначально перфорируют в водонасыщенной части пласта, скважина вступает в эксплуатацию с высокой

обводненностью продукции, а уже после формирования конуса нефти, обводненность добываемой продукции начинает снижаться и постепенно достигнет такого же значения, как и при «прямом» конусе (рис.6) [11].



1 – НКТ; 2 – насос; 3 – клапан регулировочный; 4 – пакер; 5 – якорь; 6 –
фильтр

Рисунок 6 – Схема «обратного» конуса» [11]

Установлено, что большая добыча углеводородов достигается при перфорировании как нефтенасыщенной, так и водонасыщенной частей пласта, т.к. в этом случае явление конусообразования практически не наблюдается, ведь создаваемая депрессия в добывающей скважине по всему перфорированному интервалу практически одинакова.

В работе [14] Быкадоровым А.В. на примере показано влияние степени вскрытия нефтенасыщенной толщины при постоянном $Kz/Kxy=1$. В результате проведенных математических расчетов сделан вывод, что наибольший предельный дебит скважины наблюдается тогда, когда она вскрыла малый участок кровли продуктивного пласта.

Установлено, что при создании малой депрессии на скважине конус воды не достигает вскрытого интервала, что и предотвращает преждевременную обводненность добываемой продукции. Однако, имеется и

такая точка зрения, что даже при малой депрессии на скважине и небольшом отличии фазовых проницаемостей по нефти и пластовой воде процесс конусообразования только лишь растягивается по времени. В любом случае пластовая вода достигает нижних отверстий перфорации, и скважина начнет обводняться.

1.3 Методы, позволяющие замедлить рост обводнения скважины

К настоящему времени надежные способы, позволяющие без значительных потерь нефти и материальных затрат добиться длительной работы скважин без появления в их продукции воды, еще не найдены.

В общем случае процесс конусообразования, как и многие другие задачи разработки месторождений, не имеет точного решения, поэтому для физико-математического моделирования процесса конусообразования была использована трехфазная, трехмерная модель черной нелетучей нефти (Black oil model, Eclipse 100).

В модели нелетучей нефти предполагается наличие трех фаз (нефть-вода-газ). Вода и нефть не смешиваются, а газ предполагается растворимым в воде и нефти. Модель нелетучей нефти базируется на уравнении неразрывности или сохранения массы флюидов и уравнении движения (закон Дарси), которым описывается скорость фильтрации для каждого из фильтрующихся флюидов. Закон Дарси устанавливает зависимость между скоростью фильтрации и градиентом давления для каждой фазы. Предполагается, что фильтрация изотермическая и флюиды в пласте находятся в состоянии термодинамического равновесия. В этом случае зависимости PVT (давление-объем-температура) представляются в виде зависимостей объемных коэффициентов нефти от давления.

Совместная эксплуатация нефте- и водонасыщенной зон пласта

В [9, 11] Телковым А.П. и др. установлено, что одним из способов повышения эффективности разработки водоплавающих нефтяных залежей, может быть, способ образования обратного конуса пластовой нефти в

водонасыщенной толщине подошвенных вод, путем вскрытия и совместной эксплуатации водо- и нефтенасыщенной зон пласта. Так как отбор только одного из флюидов неизбежно приводит к конусообразованию, предложено перфорировать колонну против нефте- и водонасыщенного интервалов и отбирать одновременно и нефть, и воду. Физически это означает, что слив воды через перфорационные отверстия, расположенные в водонасыщенной зоне, изменяет поле потенциала потока вокруг скважины таким образом, что водяной конус «подавляется». Течение в перфорационные отверстия воды образует направленную кверху вязкостную силу, которая образуется при прохождении через верхние (для нефти) перфорационные отверстия. В результате баланса сил устойчивое равновесие конуса образуется и сохраняется внизу, вокруг и ниже перфорационных отверстий для нефти. В дальнейшем, наличие обратного конуса будет препятствовать быстрому прорыву подошвенной воды в скважину.

Одновременно-раздельная эксплуатация нефте- и водонасыщенной зон пласта

В [9] Телковым А.П. установлено, что альтернативным решением проблемы увеличения обводнённости продукции при совместной эксплуатации водо- и нефтенасыщенного пластов служит раздельная эксплуатация двух зон с помощью двух насосно-компрессорных труб (рис. 7).

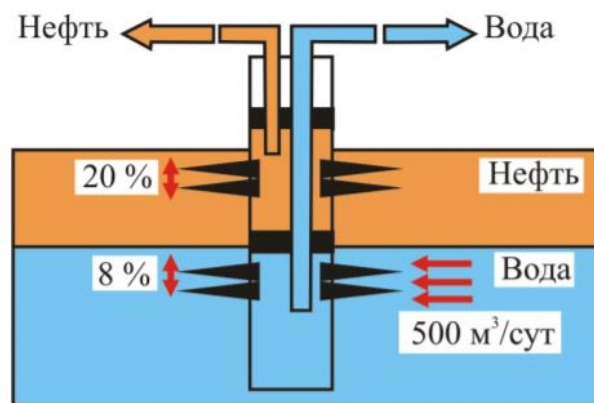


Рисунок 7 - Борьба с конусообразованием путём одновременно-раздельной эксплуатации водо- и нефтенасыщенного пластов

В этом случае производится вскрытие водоносного слоя пласта и его совместная эксплуатация с нефтяным, причем оба слоя изолированы друг от друга с помощью пакера.

Раздельная эксплуатация водо- и нефтенасыщенной зон пласта с помощью двухзабойных скважин

В [12] установлено, что одним из решений проблемы конусообразования в пласте является технология бурения двухзабойных скважин. Природа образования гребней подошвенной воды в горизонтальных скважинах такова, что прорыв подошвенной воды в первую очередь происходит в области пятки горизонтальной скважины, а затем распространяется вдоль всей длины ствола. Для того, чтобы замедлить скорость образования гребней подошвенной воды в пласте, предлагается применять раздельную эксплуатацию водо- и нефтенасыщенного пластов с помощью:

- двухствольной скважины (вертикальный и горизонтальный стволы);
- двух параллельных горизонтальных стволов.

1. Раздельная эксплуатация водо- и нефтенасыщенного пластов с помощью двухствольной скважины (вертикальный и горизонтальный стволы). Данная технология предполагает использование двухствольной скважины, таким образом, что нижняя (водонасыщенная) часть коллектора эксплуатируется с помощью вертикально пробуренного ствола скважины, а верхняя (нефтенасыщенная) часть эксплуатируется с помощью горизонтального ствола протяженностью 500 м, расположенного на расстоянии 10 % от кровли к подошве пласта (рис. 8).

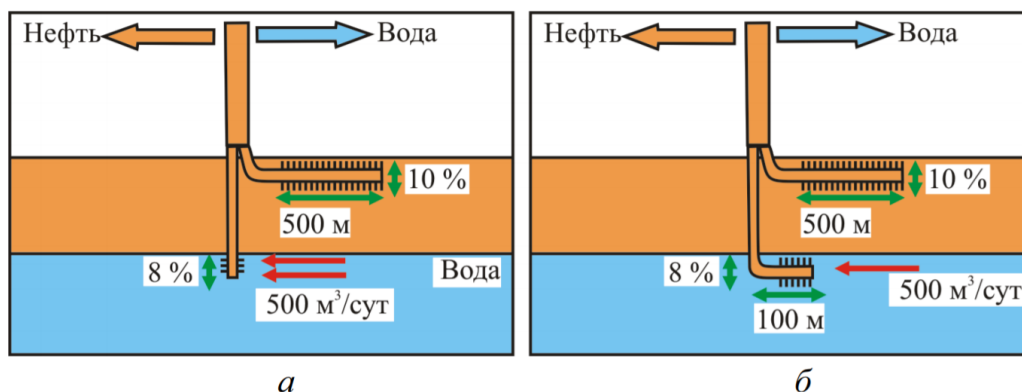


Рисунок 8 - Раздельная эксплуатация водо- и нефтенасыщенного слоев пласта с помощью двухствольных скважин

2. Раздельная эксплуатация водо- и нефтенасыщенного пластов с помощью двух параллельных горизонтальных стволов. Данная технология предполагает использование двухствольной скважины, которая имеет два ствола, расположенных параллельно друг над другом в пласте. Один из стволов такой скважины бурится ниже водонефтяного контакта с целью эксплуатации водонасыщенной части резервуара, второй же ствол протяженностью 500 м бурится вблизи кровли нефтяного продуктивного пласта (рис. 8).

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Операции по бурению горизонтальных скважин (в т.ч. с использованием устройств контроля притока) связаны с получением дополнительной добычи нефти по рассматриваемому объекту разработки. Для обоснования экономической целесообразности предлагаемых мероприятий использовались методические указания по курсу «Экономика предприятия», изданные на базе ТПУ [26].

В качестве исходных данных взяты накопленные показатели добычи нефти по двум расчетным вариантам разработки участка работ. С учетом того, что средний уровень цен на нефть Urals на дату анализа составил 63,6 долларов за один баррель нефти, прибыль недропользователя по каждому расчетному варианту разработки рассчитывалась по следующей формуле:

$$S_i = \frac{Q_i * F_{Urals} * K_{\$}}{0,1364},$$

где:

S_i – прибыль недропользователя за i -й год разработки, тыс. руб.;

Q_i – накопленная добыча нефти за i -й год разработки, тыс. т.;

F_{Urals} – средняя стоимость нефти Urals, доллары за баррель;

$K_{\$}$ - курс доллара к рублю, руб.

Прирост годовых денежных потоков предприятия рассчитывался по следующей формуле:

$$\Delta ДП_i = S_i - Z_{\text{кап}} - Z_{\text{усл}} - N_{\text{пр}},$$

где:

$\Delta ДП_i$ – прирост годовых денежных потоков за i -й год разработки, тыс. руб.;

$Z_{\text{кап}}$ – капитальные затраты на бурение скважин, тыс. руб.;

$Z_{\text{усл}}$ – условно-переменные затраты на добычу нефти, тыс. руб.;

$N_{\text{пр}}$ – налог на прибыль предприятия, тыс. руб.

Капитальные затраты на бурение скважин рассчитывались как произведение стоимости одного метра бурения горизонтальной добывающей скважины, которая составляет 30399 руб/м, на суммарную проходку бурением от устья скважины (1340 м). Стоимость одного метра бурения горизонтальной добывающей скважины предоставлена проектным институтом нефти и газа. Также из всей прибыли были вычтены условно-переменные затраты на дополнительную добычу нефти в i -м году (взяты для расчетов в размере 500 руб/т), а также налог на прибыль предприятия (принят в размере 20 %).

Учитывая экономический закон об убывающей стоимости денежных средств, прирост годовых денежных средств предприятия был продисконтирован с целью приведения их будущей стоимости на текущий момент, согласно следующей формуле:

$$\text{ДПДН}_i = \frac{\text{ДП}_i}{(1 + K_d)^i}$$

где:

ДПДН_i – дисконтированный поток денежной наличности за i -й год разработки, тыс. руб.;

K_d – ставка дисконта, д.ед.

Ставка дисконта взята в размере 15 %.

Сумма дисконтированных денежных потоков за какой-то промежуток времени и будет чистой текущей стоимостью бурения горизонтальных скважин:

$$\text{ЧТС} = \sum_i^n \text{ДПДН}_i$$

Где:

ЧТС – чистая текущая стоимость, тыс. т.;

n – число лет разработки, г.

Индекс доходности от реализации проекта рассчитан по следующей формуле:

$$ИД = \frac{ЧТС}{З_{\text{кап}}}$$

В таблице 6 и на рисунке 33 приведены сводные результаты экономического обоснования эффективности применения горизонтальных скважин с устройствами контроля притока при разработке ПК-пластов рассматриваемого месторождения.

Таблица 6 – Результаты экономической оценки эффективности бурения ГС

№ скважины	Вариант № 1 (без УКП)	Вариант № 29 (с УКП)
Срок разработки, лет	31	42
Накопленная добыча нефти за расчетный период, тыс.т	42,4	53,0
Накопленная добыча жидкости за расчетный период, тыс.т	1280,9	1081,8
Средняя обводненность на конец расчета, %	99,1	99,6
Коэффициент извлечения нефти, д.ед.	0,094	0,152
Капитальные вложения, млн. руб.	40,7	48,9
Дисконтированный поток наличности, млн.руб.	635,2	829,4

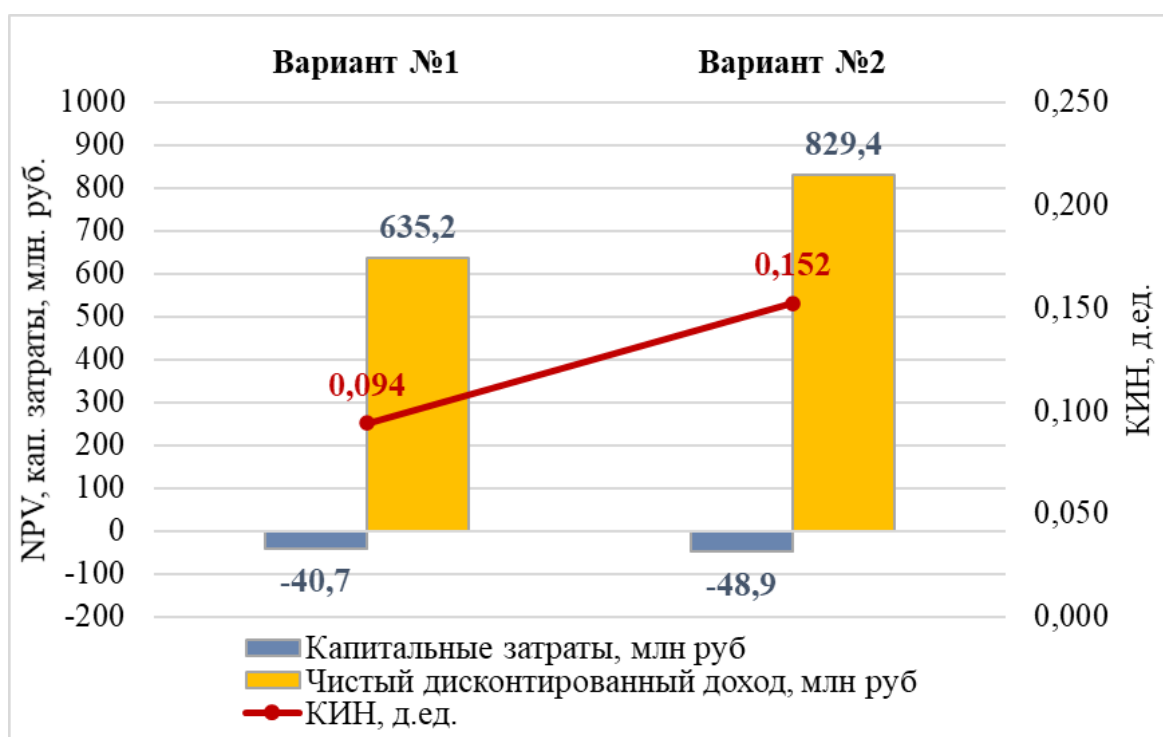


Рисунок 33 – Экономическая эффективность использования горизонтальных скважин с устройствами контроля притока при разработке ПК-пластов

В соответствии с расчетами, наиболее экономически эффективным оказался Вариант № 2 – бурение горизонтальных скважин с устройствами контроля притока. Несмотря на повышение капитальных затрат на строительство горизонтальных скважин с устройством контроля притока ~ на 20 % по сравнению с традиционной компоновкой горизонтального ствола, дисконтированный поток наличности от реализации продукции в Варианте № 2 получился выше на 30 % (195 млн. руб). Индекс доходности проекта по разработке ПК-пласта горизонтальными скважинами с устройствами контроля притока составит 17,0 руб/руб.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Выпускная квалификационная работа связана с разработкой месторождения Томской области с запасами трудноизвлекаемых углеводородов. Месторождение расположено на территории двух смежных областей: северная его часть - в Нижневартовском районе ХМАО, южная (меньшая) - в Александровском районе Томской области, было открыто в 1965 году. В промышленной разработке находится с 1984 года на основании проекта пробной эксплуатации. История разработки данного месторождения позволяет составить достаточно полное представление о характере выработки извлекаемых запасов и дать рекомендации по дальнейшей разработке месторождения с целью увеличения конечного коэффициента нефтеизвлечения. Учитывая, что нефтегазовые промыслы имеют высокий уровень опасности, которые угрожают здоровью и жизням рабочего персонала, необходимо проводить мероприятия по оздоровлению и улучшению условий труда, что позволит устранить заболевания и производственные травмы, связанные с профессиональной деятельностью.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Трудовые отношения в нефтегазодобывающей отрасли регулируются на основе целого ряда различных договоров и нормативных документов, к которым относятся конвенции международной организации труда и их решения, ратифицированные нашей страной, конституция, трудовой кодекс, различные федеральные законы и постановления правительства РФ, региональные и локальные нормативные правовые акты. Какого-то отдельного документа, который бы регулировал только трудовые отношения в нефтегазодобывающей сфере, на данный момент не существует [27].

Широкое применение на нефтегазодобывающих предприятиях нашли различные локальные нормативные документы, в которых в соответствии с

законодательством, урегулированы особенности составления трудовых договоров, расчета продолжительности рабочего дня и перерывов для отдыха, зафиксированы способы выплаты и размеры заработной платы, описывается технологический процесс и рекомендации по его безаварийному ведению.

Также отдельного упоминания заслуживает структура выплаты заработной платы для работников-нефтяников, которые исполняют свои служебные обязанности, находясь территориально в районах Крайнего Севера или приравненных к ним местностях. Особенности оплаты такого труда отражены в нормативно-правовых актах, принятых еще в Советском Союзе, в них зафиксированы территории, считающиеся районами Крайнего Севера или приравненными к ним местностями, а также районный коэффициенты этих областей.

Еще одной особенностью работы на нефтегазопромислах зачастую является необходимость работать вдали от дома, непосредственно на месторождениях в низкокомфортных бытовых условиях. Трудовую деятельность вахтовиков-нефтяников регулируют отдельные статьи трудового кодекса РФ [28]. В соответствии с законодательством работодатель обязан обеспечить для вахтовиков специальные жилые комплексы в непосредственной близости от места работ, которые должны соответствовать всем техническим стандартам.

Законодательством также регламентируются условия работы на открытом воздухе. Требуется прекратить работу на открытом воздухе при температурах воздуха ниже -40°C и силе ветра до 6 м/с, при температуре воздуха ниже -35°C и силе ветра до 12 м/с, при температуре воздуха ниже -30°C и силе ветра более 12 м/с. По распоряжению администрации предприятия работы на открытом воздухе должны быть прекращены, при этом объезды контролируемой территории, осмотр технологически важных объектов и контроль за аварийными ситуациями разрешаются.

Трудовым кодексом РФ регламентируется нормальная продолжительность рабочего времени, которая не должна превышать сорока часов за одну рабочую неделю [29]. За работодателем оставляют право изменять общую продолжительность времени работы с учетом предельных норм, установленных законодательством, и мнения профсоюзной организации. Переработки сверх нормы должны считаться сверхурочной работой, за которую работнику должны выплачиваться компенсации.

В качестве компенсаций за работу в неблагоприятных условиях и различные сверхурочные работы лицам, задействованным на нефтегазопромыслах, предусмотрено сокращение продолжительности рабочего дня, дополнительные отпуска, выдача бесплатного молока и полезного питания, обеспечение средствами индивидуальной защиты и т.д. Помимо перечисленного, работодатель обязан проводить ежегодный медицинский осмотр работников, профилактические осмотры на наличие профессиональных заболеваний, в случае их обнаружения работнику полагаются больничные отпуска и денежные компенсации.

5.2 Производственная безопасность

При исполнении обязанностей работниками нефтегазопромыслов должно быть исключено воздействие на них вредных и опасных факторов производства. Рабочая зона операторов, следящих за технологическим процессом бурения горизонтальных скважин, должна удовлетворять установленным требованиям безопасности и нормам воздействия вредных и опасных факторов.

В таблице 7 представлена характеристика вредных и опасных факторов, которым подвергается человек во время бурения горизонтальных скважин.

Таблица 7 – Возможные вредные и опасные факторы при бурении горизонтальных скважин

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Проектирование	Подготовка к бурению ГС	Технологически й процесс бурения ГС	
Повышенная запыленность и загазованность воздуха;	-	+	+	ГОСТ 12.1.005-88
Повышенный уровень шума и вибрации;	-	+	+	ГОСТ 12.01.003-83 СН 2.2.4/2.1.8.566
Недостаточная освещенность;	+	+	+	ВСН 34-82
Токсическое и раздражающее воздействие на организм человека химических веществ;	-	+	+	ГОСТ 12.1.007-76 ГОСТ 12.1.005-88
Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе;	-	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96
Движущиеся машины и механизмы;	-	+	+	ГОСТ 12.2.003-91 ГОСТ 12.2.062-81 РД 08-272-99
Сосуды и аппараты под давлением;	-	+	+	ГОСТ Р 52630-2012
Пожаробезопасность;	+	+	+	ГОСТ 12.1.004-91
Электробезопасность.	+	+	+	ГОСТ Р 12.1.019-2009

5.2.1 Анализ вредных производственных факторов

Повышенный уровень пыли и газа в воздухе. В виду природных условий при работах на кустах месторождений, которые отсыпаны песочной основой, в воздух подымается большое количество пыли и газов от техники, что оказывает негативное воздействие на организм человека.

Характер воздействия на организм работника, который может быть раздражающего или токсического действия, зависит от биологической активности пыли. Раздражающее действие оказывает неорганическая или древесная пыль, токсическое – пыль различных химических веществ (хром, мышьяк и т.п.).

Система стандартов безопасности труда регламентирует содержание в воздухе различных вредных веществ с помощью такого параметра, как предельно допустимая концентрация (ПДК) вещества в рабочей зоне. В таблице 8 представлены предельно допустимые концентрации наиболее часто встречающихся видов веществ при использовании транспортных средств [30].

Таблица 8 – ПДК различных видов пыли, которые встречаются при эксплуатации транспортных средств

Вид пыли	Класс опасности	ПДК, мг/м ³
Содержание SiO ₂ >70%	III	2,0
Содержание SiO ₂ <70%	IV	2,0
Растительного или животного происхождения	IV	4,0

В целях предупреждения отравлений вредными парами и газами работников нефтегазодобывающих предприятий проверяющие органы должны минимизировать ущерб, причиняемый работникам, усилив контроль за уровнем пыли и газов в воздухе и применением в процессе выполнения своих должностных обязанностей различных средств защиты органов дыхания (таких как респираторы или влажные марлевые повязки, а также противогазы различных конструкций).

Повышенный уровень шума и вибраций. Работы по бурению горизонтальных скважин в следствие работы с громоздкой техникой и оборудованием сопровождаются повышенным уровнем шума и вибраций, что может негативно влиять на самочувствие работника, находящегося на протяжении долгого времени под воздействием данных производственных факторов. Шум, как фактор воздействия на организм человека, подразделяется на непрерывный (постоянный), характеризующийся уровнем звукового давления в ДБ, и временный, характеризующийся эквивалентным уровнем звука в ДБА [31]. Допустимые уровни шума регламентируются в соответствии с видом трудовой деятельности, для сложной физической

работы, требующей точности и сосредоточенности работника, уровень шума не должен превышать 80 ДБ.

Вибрации, воздействующие на работающего человека, подразделяют на общую вибрацию и локальную вибрацию [32]. В первом случае, воздействие передается на тело человека через опорные поверхности, на которых сидит или стоит человек. Во втором случае, воздействие передается через руки работника. В качестве регламентирующего параметра, характеризующего степень воздействия вибрации на организм человека, используется предельно допустимый уровень (ПДУ) вибрации. Под этим термином понимается такой уровень вибрации, при котором не должны возникать профессиональные заболевания и отклонения здоровья от нормального состояния, если работник исполняет свои обязательства в соответствии с трудовым законодательством.

В качестве средств борьбы с высокими уровнями шума и вибрации должны быть предусмотрены комплексные программы, исполнение которых должно снижать уровень шума в источниках шума, а также на путях распространения шума, производственные объекты, всевозможные установки и площадки должны проектироваться с учетом возможной работы в условиях повышенного шума и вибрации, работники должны быть обеспечены различными средствами защиты (например, наушники, обувь и перчатки с виброизоляцией).

Недостаточная освещенность рабочей зоны. Работники, которые принимают участие в технологическом процессе бурения горизонтальных скважин, значительную часть рабочего времени заняты перемещением по территории нефтегазопромысловых объектов, кустовым площадкам и различным сооружениям, находящимся на определенной высоте. Проектирование нефтегазовых объектов должно осуществляться в соответствии с нормами, представленными в [33]. Например, при капитальном ремонте скважин место, где происходит свинчивание/развинчивание насосно-компрессорных труб, или

непосредственно устье скважины должны иметь освещенность не менее 50 лк (как при лампах накаливания, так и при газоразрядных лампах). При различных буровых работах показатели освещенности требуются, в среднем, от 50 до 100 лк. Для освещения промыслов нефтегазодобывающих предприятий рекомендуется использование прожекторов типа ПЗС-45 или ПЭС-35.

Токсическое и раздражающее воздействие на организм человека химических веществ. Работникам нефтегазовой отрасли зачастую приходится контактировать с большими объемами нефтепродукта и их производными, которые оказывают негативное влияние на организм человека. Выделяющиеся из нефти легкие фракции и попутные газы оказывают воздействие на центральную нервную систему, что может стать причиной отравления, которое может сопровождаться болью в голове, тошнотой, слабостью и т.п.

Уровень воздействия, как и в случае с пылью и газами, регламентируется предельно допустимой концентрацией, которая не должна превышать определенных норм для нефтегазовых промыслов. Например, содержание метанола в воздухе не должно превышать 15 мг/м^3 , диоксида серы – не более 10 мг/м^3 [34].

Требования безопасности для предприятий, где работникам приходится контактировать с вредными химическими веществами, регламентируются государственными стандартами [35]. С точки зрения промышленной безопасности, работодатели должны применять современные технологии, которые бы исключали контакт человека с химически опасными реагентами, промышленные объекты должны иметь рациональную планировку, на промыслах должны быть установлены специальные системы улавливания и утилизации вредных химических веществ. Сами работники должны соблюдать требования технической безопасности, использовать средства индивидуальной защиты, проходить периодические инструктажи и медицинские осмотры.

Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе. Работникам, задействованным на нефтегазопромислах, зачастую приходится находиться на открытом воздухе, в том числе и в зимнее время года. Продолжительное нахождение работника на открытом воздухе при пониженных температурах и высоком ветре может привести к обморожениям различных частей тела и организма в целом.

В соответствии с санитарными нормами [36], рассчитывается рекомендуемый режим работы в условиях низких температур воздуха и высокой скорости ветра, который включает в себя сочетание пребывания определенного количества времени на холоде и перерывов различной продолжительности для обогрева.

Помимо этого, работники предприятий должны применять средства индивидуальной защиты (различное термобелье, теплое верхнее белье, зимние ботинки, чуни и т.п.).

5.2.2 Анализ опасных производственных факторов

Движущиеся машины и механизмы. Технология бурения горизонтальных скважин, как и любая технология бурения, связана с осуществлением вращения системы приводов и буровых головок. Очень часто на буровых происходят различные аварийные ситуации, которые могут причинить тяжкий вред работникам, задействованным в технологическом процессе. Чтобы не допустить травмирования работников, необходимо точно следовать должностным инструкциям и требованиям безопасности [37, 38, 39], в соответствии с которыми:

- опасное для работников оборудование должно иметь защитные ограждения, либо предупреждающие знаки;
- площадки и лестницы должны соответствовать техническим нормам, должны иметь хорошо закрепленные поручни, поверхность не должна скользить, все болты и гайки должны быть закручены;

- системы управления установкой для бурения должны иметь различные ограничители и системы автоблокировки, которые являются своего рода подстраховкой на случай обрывов колонны штанг и других возможных аварий.

Сосуды и аппараты под давлением. Еще одним опасным производственным фактором, с которым сталкиваются работники нефтегазодобывающих предприятий, является работа с агрегатами, эксплуатируемыми под большими давлениями (свыше 21 МПа). Работа с таким оборудованием несет в себе риск для жизни человека в случае возникновения какой-нибудь неисправности или аварии, поэтому подобные технологические процессы строго регламентируются требованиями безопасности и правилами эксплуатации [40], в соответствии с которыми не допускается подача в сосуды газов или паров масел с сжатым воздухом с целью исключить образование взрывоопасных смесей, работы непосредственно в сосудах должны сопровождаться открытием всех люков и отверстий для полного проветривания с задействованием, как минимум, двух работников, выходное отверстие должно быть направлено в безопасную зону с соответствующим расположением вентилей и кранов. Кроме того, необходим постоянный контроль и оценка технического состояния сосудов с фиксацией оных в производственных журналах, чтобы в случае обнаружения каких-то технических неисправностей не допустить аварийных ситуаций.

Пожаробезопасность. Промыслы, на которых осуществляется промышленная добыча нефти и газа, опасны с точки зрения возникновения пожаров и взрывоопасных ситуаций. По технике безопасности [41] в целях профилактики объекты, расположенные на нефтегазовых промыслах, должны всегда содержаться в чистом состоянии, без различных отходов, мусора и складских принадлежностей – все должно периодически утилизироваться. Запрещено хранение нефтепродуктов в ненадежных конструкциях и открытых амбарах. Необходимо обязательное обеспечение нефтегазовых объектов системами противопожарной безопасности, которое

периодически должно проверяться на работоспособность, чтобы в случае возникновения аварийной ситуации вовремя был оповещен персонал об опасности. Основной задачей рабочего персонала во время пожарной ситуации является недопущение образования источников распространения огня и организация незамедлительной эвакуации работников в безопасное место. Чтобы обеспечить быструю эвакуацию рабочего персонала, здания должны быть удобно спроектированы, работоспособное противопожарное оборудование и средства защиты, такие как противогазы, необходимо держать под рукой, а материалы, из которых изготовлены помещения зданий, не должны вступать в реакцию с огнем и создавать ядовитых облаков дыма, от которых опасность не меньше, чем от непосредственно огненного фронта.

Электробезопасность. Учитывая степень электрификации нефтегазодобывающих промыслов, нельзя себе представить работу персонала без применения различного оборудования, которое находится под высоким напряжением и работает от электросети. Соответственно, каждый работник, в компетенции которого входит умение работать с электроприборами, должен знать инструкцию и технику безопасной работы с ними. В соответствии с требованиями безопасности [42], все электроприборы должны проходить периодический осмотр, в случае выявления каких-то технических неисправностей прибор должен быть снят с эксплуатации и отдан на ремонт, либо списание, все установки, работающие от электричества, должны соответствовать условиям работы и их необходимо заземлять. Некомпетентные работники не должны подпускаться к работе с электроприборами. Среди средств индивидуальной защиты при работе с электроприборами распространены различные защитные каски и очки, рукавицы и обувь с изолирующими элементами, костюмы из термостойких материалов.

5.3 Экологическая безопасность

Нефтегазодобывающие предприятия, в соответствии с требованиями государственных регулирующих органов, обязаны проводить политику по защите окружающей природы от негативного воздействия своих производств. Основными источниками загрязнения окружающей среды на нефтегазопромислах являются:

- аварийные разливы нефтепродуктов в результате несоответствия технологических процессов и оборудования требуемым нормам;
- выброс в атмосферу вредных компонентов в результате негерметичности используемого оборудования, аварий на производстве или во время сгорания попутных газов на факелах;
- загрязнение окружающей среды отходами промышленного производства;
- в целом, нанесение ущерба природе и ландшафту в результате возведения объектов нефтегазодобычи, инфраструктуры заводов, цехов и т.п.

Дабы уменьшить степень воздействия нефтегазопромислов на окружающую среду, необходимо сокращать количество выбросов и потерь нефтегазоконденсатной продукции, повышать степень утилизации попутных газов или использовать их в замкнутом производстве, заниматься оптимизацией всех технологических процессов с целью недопущения возникновения аварийных ситуаций, которые негативно отражаются на окружающей природе.

Загрязнение атмосферы. В результате работы нефтегазовых комплексов, в атмосферу ежедневно выбрасываются различные вредные вещества, такие как оксиды серы, углерода, азота, сероводород, непосредственно сами углеводороды, их различные производные и твердые остатки. В основном, попадания в атмосферу вредных веществ связаны с различными авариями в следствии негерметичности используемого оборудования, прорывов трубопроводов и ненадежности различной вспомогательной техники.

Содержание определенных веществ в атмосфере контролируется таким параметром, как предельно-допустимая концентрация. Выделяют среднесуточную ПДК и максимальную разовую ПДК (за 20-минутное измерение) [43]. В таблице 9 представлены ПДК некоторых веществ, которые могут встречаться на нефтегазопромислах.

Таблица 9 – Предельно-допустимые концентрации в воздухе вредных веществ, встречающихся на нефтегазопромислах

Название вещества	Класс опасности	ПДК, мг/м ³
Аммиак	IV	20,0
Бензин	IV	100,0
Диоксид азота	III	2,0
Диоксид серы	III	10,0
Метанол	III	5,0
Оксид углерода	IV	20,0
Сероводород	III	3,0

С целью снижения негативного воздействия на атмосферу со стороны нефтегазопроизводств, необходимо оптимизировать все технологические процессы, чтобы уменьшить количество техногенных аварий, связанных с выбросом в воздух различных вредных компонентов.

Защита гидросферы. Источниками загрязнения гидросферы могут быть различные промышленные стоки, нефтяные амбары или отстойники, разливы нефтепродуктов в результате технических упущений, попадания нефтепродуктов в водоносные горизонты в следствии прорывов, образованных в результате каких-то операций, таких как гидроразрыв пласта или зарезки боковых стволов. Несмотря на то, что на сегодняшний день сложные технологические процессы проектируются с высокой точностью и учитывают различные тонкости, возможно возникновение различных осложнений, которые могут привести к загрязнению близлежащих водоемов или подземных вод.

Для контроля за состоянием водных объектов, помимо ПДК, используется такой параметр, как ориентировочно допустимые уровни

(ОДУ) воздействия на водные объекты различных химических веществ, разрабатываемые специальными научными учреждениями. Выделяют четыре класса опасности химических веществ по отношению к водным объектам [44].

Нефтегазодобывающие предприятия должны соблюдать требования к охране поверхностных вод [45], отчитываясь о проведении работы в данном направлении в соответствующие контролирующие органы. В виду своей промышленной деятельности, нефтегазодобывающие предприятия обязаны разрабатывать различные мероприятия по охране водных ресурсов, контролировать выполнение данных мероприятий, в случае загрязнения водных объектов осуществлять работы по их ликвидации и восстановлению ресурсов.

Защита литосферы. В результате работы нефтегазодобывающих предприятий значительно видоизменяется природный ландшафт. При возведении различных производственных объектов, прокладке новых дорог и многокилометровых трубопроводов, обустройстве месторождений и создании инфраструктуры для разработки нефтегазовых объектов огромное влияние оказывается на верхние слои почвы. При непосредственно разработке нефтегазовых коллекторов, во время бурения и строительства скважин, влияние оказывается, как на верхние слои почвы, так и на более глубокие слои литосферы.

Помимо физического воздействия, на состояние литосферы также влияет загрязнение различными химическими компонентами в результате контакта с нефтепродуктами и их производными. Для почв так же, как и в случае с атмосферой и водными ресурсами, предусмотрены ПДК для разных химических соединений [46]. Некоторые из них представлены в таблице 10. В случае, если мероприятия по защите земельных ресурсов не дали желательного результата, и все-таки произошло загрязнение почвенных слоев, нефтегазодобывающие предприятия обязаны заняться рекультивацией

затронутых участков в соответствии с регламентами контролирующих органов [47].

Таблица 10 – Предельно-допустимые концентрации некоторых химических веществ в почве

Название вещества	Лимитирующий показатель вредности	ПДК, мг/кг
Бензин	Воздушно-миграционный	0,1
Диметилбензол	Транслокационный	0,3
Серная кислота	Общесанитарный	160
Сероводород	Воздушно-миграционный	0,4

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Главной задачей нефтегазодобывающих предприятий является обеспечение безопасности людей в чрезвычайных ситуациях (ЧС), обусловленных техногенными аварийными ситуациями, от которых не застраховано любое нефтегазовое производство. Естественно, руководство и рабочий персонал нефтегазопромислов должны соблюдать правила и технику безопасности, чтобы не допустить возникновения чрезвычайной ситуации, но зачастую человеческий фактор – не единственная причина ЧС.

В случае, если произошло какое-то происшествие такого характера, необходимо проводить следующие мероприятия по защите людей [48]:

- укрытие рабочего персонала в специально оборудованных защитных сооружениях;
- быстрая организованная эвакуация персонала из зоны действия ЧС;
- своевременная выдача и использование средств защиты жизненно важных органов;
- своевременное оказание медицинской помощи пострадавшим;
- быстрое формирование аварийно-спасательных работ в зонах совершения ЧС.

Не менее важным, чем ликвидация чрезвычайных ситуаций, мероприятием является предупреждение самих ЧС. Учитывая сферу деятельности нефтегазодобывающих предприятий, к мерам предупреждения чрезвычайных ситуаций можно отнести следующие:

- совершенствование рабочих программ, технологических процессов и используемого оборудования с целью повышения их надежности;
- своевременный ремонт, оценка технического состояния, замена и обновление используемых установок и приборов, программ и материалов, которые могут стать причиной возникновения ЧС;
- на высокотехнологичных производствах требуется применять соответствующее высококачественное сырье и материалы;
- в работах должны принимать участие только подготовленные высококвалифицированные работники, прошедшие все необходимые инструктажи и ознакомленные с производственным процессом и техникой безопасности.

Заключение

В ходе работы были проанализированы опасные и вредные факторы, которые встречаются при работе на нефтегазодобывающих производствах, также были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, произведена оценка степени воздействия нефтегазодобывающих предприятий на окружающую среду. Учитывая рассмотренную сферу деятельности, можно разве что еще раз отметить важность и серьезность, с которыми надо подходить к рассмотрению вышеописанных вопросов, так как от этого зависят жизни работников, задействованных на нефтегазопромислах, а также состояние окружающего нас мира.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные объекты разработки месторождения «Х» пластов группы А и Б выработаны и для поддержания добычи нефти требуется ввод в разработку пластов группы ПК.

На пластах ПК осложняющим фактором разработки является быстрое обводнение скважин в результате конусообразования. Образование конуса воды препятствует равномерной и, зачастую, рентабельной выработке запасов нефти.

Данная проблема была рассмотрена на примере продуктивного пласта ПК₁₈₋₂₀. Получены следующие выводы.

- Критический безводный дебит нефти на горизонтальных скважинах ниже рентабельного – образование гребня воды неизбежно.
- Ранее принятое значение депрессии обеспечивает рентабельность скважин, но для увеличения экономического эффекта рекомендуется корректировка принятой величины в зависимости от нефтенасыщенных толщин по представленной зависимости.
- Для выравнивания профиля притока вдоль горизонтального участка рекомендовано применение устройств контроля притока. В процессе работы скважины обводненные участки отсекаются.

В дальнейшем планируются работы по оценке эффективности различных методов увеличения нефтеотдачи. В частности, возможные способы заводнения без риска получения «кинжальных» прорывов воды к забоям добывающих скважин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Телков А.П., Грачев С.И. Гидромеханика пласта применительно к прикладным задачам разработки нефтяных и газовых месторождений: учебное пособие. В 2 ч. Ч. 2 – Тюмень: ТюмГНГУ, 2009. – 352 с.
2. Пат. 2299977 РФ, МПК Е 21 В 43/16. Способ добычи нефти на поздней стадии разработки нефтяной залежи, подстилаемой водой / Н.И. Хисамутдинов, И.В. Владимиров, М.М. Тазиев, Д.К. Сагитов, Д.Л. Алексеев, О.И. Буторин. 2005102581/03. Заявлено 03.02.2005; Оpubл. 27.05.2007. Бюл. 15.
3. Проскурин В.А., Хисамутдинов Н.И., Антонов М.С., Сагитов Д.К. Способы оценки эффективности формирования системы заводнения на объекте Западно-Усть-Балыкского месторождения // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2013. № 6. С. 36-38.
4. Чейни П.Э., Хенсон В.Л., Райс Т.Д. Как перфорировать скважину, чтобы предотвратить образование водяного конуса // Журнал нефти и газа. 1956. № 55. С. 108–114.
5. Chareron I. Теоретическое исследование конусообразных горизонтальных и вертикальных скважин в анизотропных пластах: некритические и критические скорости // Материалы ежегодной технической конференции и выставки SPE. Новый Орлеан, Луизиана, США. 1986.
6. Салаватов Т.Ш., Аль Саид Гариб. Изучение влияния различных параметров пласта и жидкости на процесс конусообразования в горизонтальных скважинах // НАУЧНЫЕ ТРУДЫ №. 2010. №2 С. 31-41.
7. Лысачкин Д.О., Шилков К.Д., Гогин А.Ю., Рожков А.Е. Процесс моделирование конусообразования при разработке залежей с газовой шапкой горизонтальными скважинами // EUROPEAN SCIENTIFIC CONFERENCE. 2019. С. 32-35.
8. Распопов А.В., Казанцев А.С., Кондратьев С.А., Аверина И.В. и др. Водоизоляционные работы в условиях конусообразования // Нефтяное хозяйство. 2015. №11. С. 118-120.

9. Телков А.П., Ягафаров А.К., Шарипов А.У. и др. Интерпретационные модели нефтяной залежи на стадии разработки. М.: ВНИИОЭНГ. 1993. 73с.

10. Демахин, С. А. Химические методы ограничения водопритока в нефтяные скважины [Текст]: учебник / С. А. Демахин, А. Г. Демахин. – М. : Недра, 2010. – 198 с.

11. Клещенко И.И. Изоляционные работы при заканчивании и эксплуатации нефтяных скважин: монография / И.И. Клещенко, А.В. Григорьев, А.П. Телков – М.: Недра – 1998 – 267 с.

12. Телков А.П. Образование конусов подошвенной воды при добыче нефти и газа // А.П. Телков, Ю.И. Стклянин. – М.:Недра, 1965. – 183 с.

13. Маскет М. Течение однородной жидкости в пористой среде (пер. с англ.). – М.: Гостоптехиздат, 1949.

14. Быкадоров А.В. О влиянии конусообразования на процесс выработки запасов в массивных залежах с подошвенной водой / А. В. Быкадоров // Наука и производство. – 2012. – № 11. – С. 71-75.

15. Новоселов С. В. Информационно-программная поддержка управления процессом конусообразования в несовершенных скважинах : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Новоселов Сергей Владимирович. – Тюмень, ТюмГНГУ, 2008 г. – 24 с.

16. Леонтьев Д.С., Клещенко И.И., Кичикова Д.В. Факторы риска при эксплуатации нефтяных залежей, подстилаемых подошвенной водой // Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна (опыт, инновации): Материалы Девятой Международной научно-технической конференции (посвящено 100-летию со дня рождения Протозанова А.К.) – Тюмень : ТюмГНГУ, 2014. – С. 124-135.

17. Билл Бейли. Диагностика и ограничение водопритоков / Билл Бейли, Майк Крабтри, Джеб Тайри и др. // Нефтегазовое обозрение. – 2001. – Весна – С. 44-67.

18. Гончаров И.В., Носова С.В., Самойленко В.В. Генетические типы нефтей Томской области // Химия нефти и газа: Материалы V международной конференции. – Томск: Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН, 2003. – с.10-13.

19. Петров Ал.А. Химия алканов. – М.: Наука, 1974. – 243с.; Гончаров И.В. Геохимия нефтей Западной Сибири. – М.: Недра, 1987. – 181 с.

20. ГОСТ Р 51858-2002 "Нефть. Общие технические условия"

21. Васильев Н.И., Орлова И.О., Даценко Е.Н., Авакимян Н.Н., Орлов И.В. Изменение давления и расхода по длине горизонтальной скважины // Достижения вузовской науки: межд. конф. (Краснодар, 04 апреля 2017). Новосибирск: Изд-во Общество с ограниченной ответственностью «Центр развития научного сотрудничества», 2017. С. 75-79.

22. Маскет М. Течение однородных жидкостей в пористой среде (пер. с англ.). М.: Гостоптехиздат, 1949.

23. Чарный И.А. Подземная газогидродинамика. М: Гостоптехиздат, 1963.

24. Телков А.П., Стклянин Ю.И. Образование конусов воды при добыче нефти и газа. М.: Недра, 1965.

25. Каширина К.О. Методика расчета добавочных фильтрационных сопротивлений, обусловленных предельно-устойчивым положением конуса подошвенной воды, и предельной депрессией при нелинейном законе фильтрации // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1.

26. Экономика предприятия: Методические указания по курсу. – Томск: Изд. Томского политехнического университета, 2012. – 60 с.

27. Пучков А.Л., Правовое регулирование труда в нефтегазодобывающем секторе экономики России: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата юридических наук: 12.00.05. – Томск, 2007. – 26 с.

28. Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 № 197-ФЗ (принят ГД ФС РФ 21.12.2001) (ред. от 30.06.2003) ст.ст.297-302, 313-327

29. Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 № 197-ФЗ (принят ГД ФС РФ 21.12.2001) (ред. от 30.06.2003) ст.91

30. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

31. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1)

32. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N 1)

33. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы

34. ВСН 34-82 Отраслевые нормы проектирования искусственного освещения предприятий нефтяной промышленности.

35. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2)

36. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений

37. ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности

38. ГОСТ 12.2.062-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Ограждения защитные (с Изменением N 1)

39. РД 08-272-99 Требования безопасности к буровому оборудованию для нефтяной и газовой промышленности

40. ГОСТ Р 52630-2012 Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия (с Изменением N 1)

41. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1)

42. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

43. ГН 2.2.5.686-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы.

44. ГН 2.1.5.2307-07 Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования

45. СанПиН 2.1.5.980-00 Гигиенические требования к охране поверхностных вод

46. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве

47. ГОСТ 17.5.3.04-83 Охрана природы (ССОП). Земли. Общие требования к рекультивации земель (с Изменением N 1)

48. ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Защита населения. Основные положения

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(справочное)

**ANALYTICAL REVIEW OF CAUSES AND METHODS TO CONTROL
CONING**

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ93	Якунина Наталья Сергеевна		

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Шарф Ирина Валерьевна	Д.Э.Н.		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Миронова Вероника Евгеньевна	к.филолог.н.		

3 ANALYTICAL REVIEWS OF CAUSES AND METHODS TO CONTROL CONING

During the operating of oil wells with bottomhole water, there is a tendency for the interface between the two phases to deform which takes on a hilly appearance forming a water cone. Under some steady-state selection conditions, the deformed interface surfaces are in equilibrium (Fig. 1) and have no significant effect on the flow of produced fluid to the well.

When a certain underbalance is created in the well, initially the horizontal interface between the oil and the bottom water (water-oil contact) is curved and a water mound is formed, which is called a cone. Coning occurs in vertical wells, where the OWC is near the bottom perforations in formations with relatively high vertical conductivity. In horizontal wells this phenomenon is called cusping.

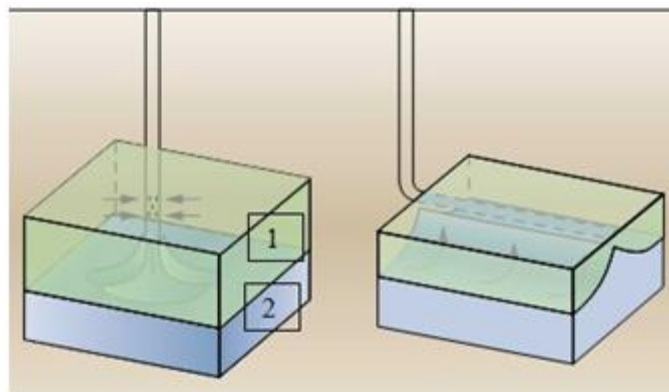


Figure 1 – Coning:

1 - oil, 2 - water [9]

The concept of viscous cusping of the displacement front is the formation of outstripping flows of displacing water in the oil-saturated porous medium. It is caused by the excess of the displaced agent viscosity over the viscosity of the displacing agent and increases with its growth. The rate of oil wells watering rises with increasing the value of the viscosity ratio of formation oil and injected water.

Equilibrium is described by a production rate limit, exceeding of which leads to water breakthrough to the well (Fig. 2). If the well flow rate does not exceed the limit value, water breakthrough will occur only when the apex of the cone reaches the perforation range, due to the general uplift of the OWC. The

value of limit production rate depends on physical properties of reservoir, fluids and relative penetration of productive part of reservoir. In formations with low permeability along the layering, implementation of limit production rates due to their smallness is economically unprofitable. Operation of wells with maximum possible flow rate is also not profitable, as water quickly breaks through into the well, and the joint inflow of oil and water begins.

A well shut in due to high water cut can be re-started with the same oil flow rate. It is explained by the fact that after stopping the well, after some time, due to redistribution of pressure and gravity, the water cone sinks without changing the residual oil saturation in the drainage area of the well [10]. To do this, the well must meet some criteria:

- presence of sufficient number of recoverable reserves on the block;
- block compensation does not exceed 13%, field experience shows that in "overpumped" blocks the wells launched from inactivity do not produce oil;
- cone stability is disturbed which may indicate an outpacing role of the cone in well watering in relation to injection wells;
- water breakthrough of the well due to the rise of the water cone.

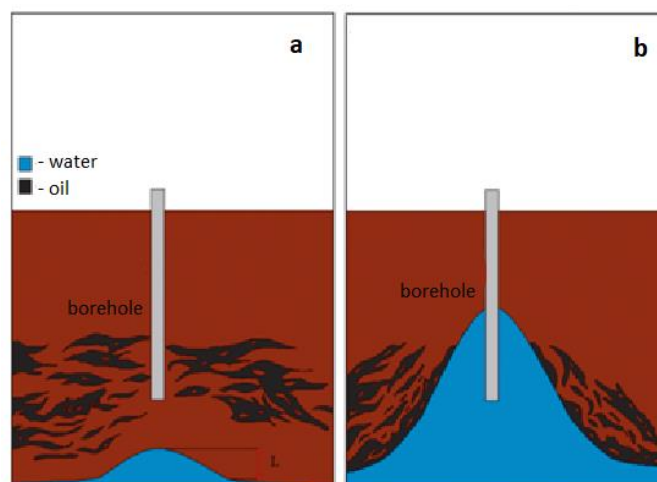


Figure 2 - Deformation of the interface between the two phases: a) cone in the static state; b) the statics of the cone is broken

The last two criteria are the most important, because if we start up a well that was water cut as a result of water breakthrough from the injection well, we will get approximately the same flow rate and the same water cut as before shutdown [11].

3.1 Causes of coning

From the experience of developing oil reservoirs with bottom water, it has been established that the formation of water cones is one of the main reasons for the development of water cut in production wells.

Geological and physical factors. Analysis of geological structure of oil deposits should be carried out before drilling of exploration and producing wells, as in the future during development and analysis of reasons for high watercut production development it will significantly narrow the interval of possible reasons. Such analysis should be based, first of all, on study of ways water inflow formation from water-bearing horizon to a particular producing well.

Thus, for example, occurrence of formation water coning phenomenon often occurs in massive reservoirs (Fig. 3), where oil-bearing part is underlain by water-bearing part, as well as in marginal parts of reservoirs of layer-uplifted pool (Fig. 4). Therefore, even at the stage of well building in such fields (reservoirs), it is necessary to pay careful attention to the position of water-oil contact (WOC).

As a result of oil-water disruption and a rise in WOC, produced water may also gradually appear in wells drilled within the inner oil-bearing contour of the reservoir. Therefore, it is necessary to clearly understand and confidently distinguish the causes of water inflow formation due to uniform rise of WOC in the well. As a result, the reservoir becomes bottom water-drive reservoir in a certain area, from the breakthrough of formation water into the well along the most permeable zones in the bottom zone of the reservoir [12].

It should also be noted that the process of coning is possible only under water drive or elastic water drive reservoir operation modes. Thus, at inflow of boundary waters, produced water movement goes along the bedding, mainly it is characteristic for productive reservoirs of small thickness with a noticeable angle

of inclination. The pressure of bottom water, on the contrary, is characteristic for thick reservoirs with a small dip angle.

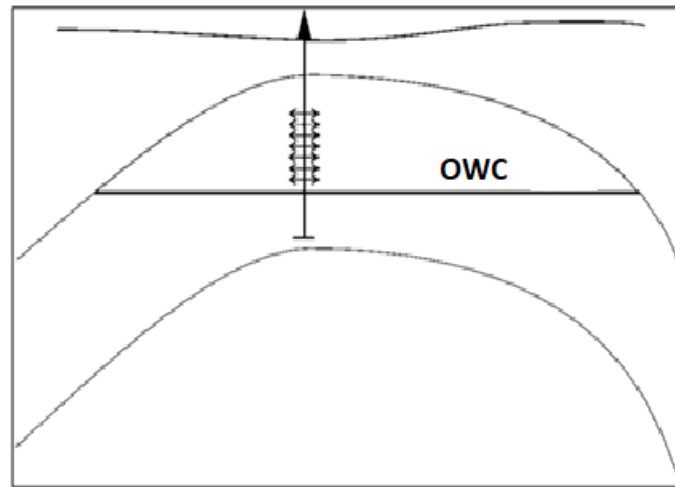


Figure 3 - [Massive deposits](#)

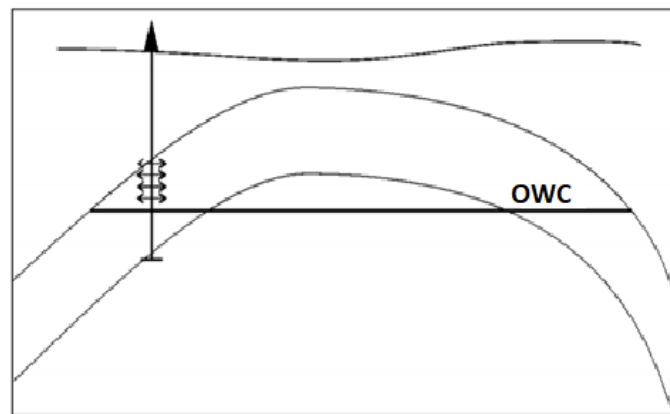


Figure 4 - [Layer-uplifted deposit](#)

Specialists and scientists involved in the study of the causes of well water cut, in particular due to coning, distinguish three cases of oil flowing into the producing well [13, 14].

In the first case, oil comes to the perforated interval of wells, mainly under the pressure of underlying bottom waters (marginal waters are not active in this case). Therefore, the speed of movement of the VNK interface exceeds the speed at which the oil-bearing contour is pulled up.

In the second case, oil displacement is due to the movement of marginal waters along the layering, here, on the contrary, there is little activity of bottom waters.

In the third case, oil inflow to the perforated part of the wells is carried out due to movement of both bottom and edge waters together.

It is known that the OWC boundary undergoes enormous pressure drop due to high pressure difference in the water-bearing part of the reservoir and low pressure at the bottomhole of the producing well. Current lines in this case are orthogonal to initial boundary of water-oil contact and directed upwards (Fig. 5). As they approach the bottomhole, the lines begin to deviate gradually at the level of the penetrated formation thickness. Hydrocarbons displacement in this case occurs due to the "oil-water" interface movement, accompanied by coning. The main reason for the cone is that the value of the vertical component of the velocity of the "oil-water" contact takes the maximum value along the axis of the well. Such shape can be formed when underlying bottom waters are "inactive" or do not take part in displacement at all. The oil inflow to the producing well, imperfect in the degree of penetration, is considered to be flat-radial [13,14]. The inner zone is characterized by some spatial inflow when the current lines are curved (Fig. 5).

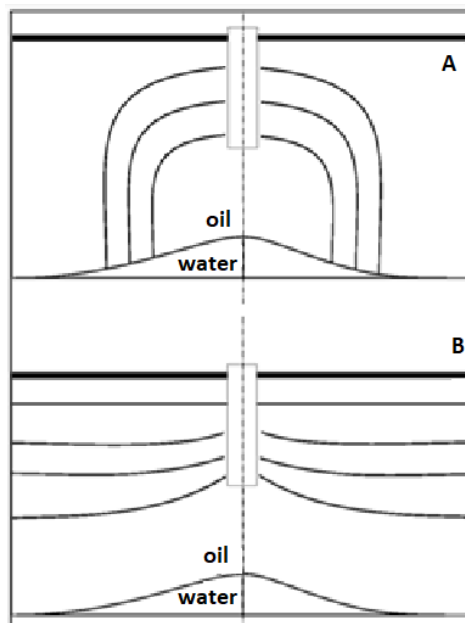


Figure 5 - Diagrams of lines characterized by the head of the bottom waters (a) and edge formation waters (b) [14]

The curvature of the lines exhibits a vertical component of flow velocity, which increases in value as it approaches the well axis. The presence of this

vertical component leads to a tightening of the OWC surface, and its decrease predetermines the formation of a cone as the distance from the axis increases.

As noted earlier, during the operation of reservoirs underlain by bottom water, the rate of hydrocarbon withdrawal is caused by the occurrence of pressure differences at the boundary of the OWC, deformation of this contact, which results in the movement of produced water to the perforated part of the producing wells. The main parameter during establishing of the well operation mode and subsequent prediction of reservoir development indicators is formation anisotropy.

It is known that presence in the stratigraphic section of impermeable clay interlayers (interstices) wells can significantly reduce the probability of coning. As a rule, in order to predict the probability of water cone formation, a structural map of hydrocarbons contact with bottom water is built on borehole data.

In order to establish the efficiency of impermeable "barriers" influence, we make a graph of dependence of wells watering rate on the thickness of clay screen. The less the water cut rate is, the more effective the "barrier" is.

Specialists and scientists established that during the operation of wells drilled in carbonate formations, it is possible to notice the presence of fracture systems, and in case of the presence of underlying water, the most intense water breakthrough to the perforated section of the well compared with the movement of the water cone in terrigenous container robbing takes place [14].

Moreover, to establish the causes of well water cut development, information about oil viscosity and its ratio with formation water viscosity is also a priority. If this ratio is small, even in the presence of high reservoir microheterogeneity, the movement of the interface has a more uniform character [12,18].

Under reservoir conditions, higher density of formation water compared to oil density leads to slower deformation of OWC boundary and flattening of the cone. This effect is evident at low oil withdrawals and low oil drawdown.

In the process of studying of coning, the well radial extent is also important. In [17] it was proved that when the Maskett-Charny method with

increasing effective oil-saturated thickness of productive formation is used, the area of filtration flow and, accordingly, the production rate limit also increases.

Technical and technological factors. The phenomenon of cone formation usually takes place in vertical and directional production wells, where the boundary of OWC may be near the existing perforation holes, in formations with high anisotropy. The maximum daily flow rate of a producing well at which neither deformation of the OWC interface nor coning occurs is called critical. In wells with horizontal termination such phenomenon is called differently - cusping, in which forming cone of formation water tends to completely cover the entire horizontal section [18, 19].

In the field the so-called "reverse" cone (i.e., oil cone) is often used as a means to combat the formation of a "straight cone" (i.e., water cone). In this case, the well is initially perforated in the water-saturated part of the reservoir, the well goes into production with high water cut, and after the oil cone is formed, the water cut of the produced oil starts to decrease and gradually reaches the same value as in the "direct" cone (Fig. 6) [13].

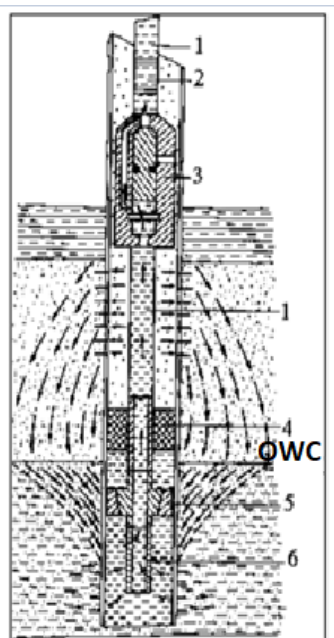


Figure 6 - Scheme of "reverse" cone" [13]:

1 - tubing; 2 - pump; 3 - regulating valve; 4 - packer; 5 - anchor; 6 – filter

It was found that greater hydrocarbon production is achieved during both oil-saturated and water-saturated parts of the reservoir perforating, because in this case the phenomenon of coning is practically not observed. The created drawdown in the producing well throughout the perforated interval is almost the same.

It was found that when a low drawdown on the well is created, the water cone does not reach the opened-up zone, which prevents premature watering of production. However, according to another point of view, even with low drawdown on the well and small difference in phase permeability of oil and formation water, the process of cone formation only extends in time. In any case formation water reaches the lower perforation holes and the well will start to water out [13,18].

3.2 Methods to slow down the growth of well water breakthrough

Today reliable methods that allow to achieve long-term operation of wells without significant losses of oil and material costs, without the appearance of water in their products, have not yet been found.

In the general case, the process of coning, as well as many other problems of reservoir engineering, does not have an exact solution, thus, for physical and mathematical modeling of coning process, three-phase, three-dimensional model of black oil model was used.

The black oil model assumes three phases (oil-water-gas). Water and oil do not mix, and gas is assumed to be soluble in water and oil. The black oil model is based on the continuity or mass conservation equation and the equation of motion (Darcy's law), which describes the filtration rate for each of the filtering fluids. Darcy's law establishes the relationship between filtration rate and pressure gradient for each phase. Filtration is assumed to be isothermal and the fluids in the formation are in thermodynamic equilibrium. In this case, the PVT (pressure-volume-temperature) dependences are represented as pressure-volume-oil coefficient dependences.

Joint exploitation of oil and water-saturated reservoir zones

In [20, 21] it has been established that one of the ways to increase the efficiency of water-saturated oil reservoirs development may be the method of formation of the reverse cone of reservoir oil in water-saturated stratum of bottom waters, by opening and joint exploitation of water- and oil-saturated zones of the reservoir. Since withdrawal of only one of the fluids inevitably leads to coning, it was proposed to perforate the column against oil- and water-saturated intervals and withdraw both oil and water simultaneously. Physically, this means that draining water through perforations located in the water-saturated zone changes the flow potential field around the well so that the water cone is "suppressed". The flow into the perforations of water forms an upward-directed viscous force, which is generated as it passes through the upper (for oil) perforations. As a result of the balance of forces, a stable equilibrium cone is formed and maintained below, around and below the oil perforations. Subsequently, the presence of the reverse cone will prevent rapid bursting of bottom water into the well.

Simultaneous separate exploitation of oil- and water-saturated reservoir zones

In [20] it was found that an alternative solution to the problem of increasing water cut of production during joint exploitation of water- and oil-saturated formation is separate exploitation of two zones with the help of two tubing (fig. 7). In this case, the water-bearing layer is opened and jointly exploited with the oil-bearing layer, and both layers are isolated from each other with a packer.

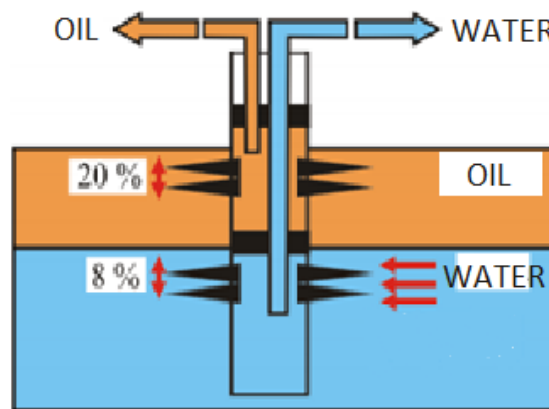


Figure 7 - Control of cone formation by simultaneous separate exploitation of water-saturated and oil-saturated reservoirs

Separate exploitation of water-saturated and oil-saturated reservoir zones by means of two bottom-hole wells

In [21] it was found that one of the solutions to the problem of coning in the formation is the technology of two-hole wells drilling. The nature of bottom water ridges formation in horizontal wells is the following: bottom water breakthrough firstly occurs in the area of the heel of the horizontal well, and then spreads along the whole length of the borehole. In order to slow down the rate of formation of bottom water crests in the formation, it is proposed to use separate exploitation of water-saturated and oil-saturated formations by means of:

- two boreholes (vertical and horizontal boreholes);
- two parallel horizontal wells.

1. Separate exploitation of water-saturated and oil-saturated reservoirs by means of a two-bore well (vertical and horizontal wellbore). This technology implies the use of a dual borehole, so that the lower (water-saturated) part of the reservoir is exploited with a vertically drilled wellbore, and the upper (oil-saturated) part is exploited with a 500 m horizontal wellbore, located at 10% distance from the roof to the bottom of the formation (Figure 8).

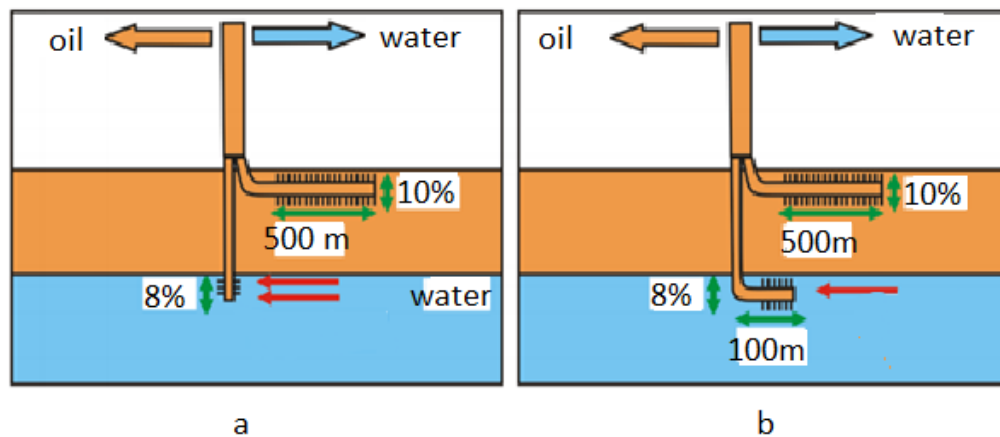


Figure 8 - Separate exploitation of water-saturated and oil-saturated reservoir layers using dual wells

2. Separate exploitation of water-saturated and oil-saturated reservoirs using two parallel horizontal wellbores. This technology involves the use of a dual borehole, which has two wellbores located parallel to each other in the formation.

One of the wellbores is drilled below the water-oil contact to exploit the water-saturated part of the reservoir, while the second 500-meter wellbore is drilled near the roof of the oil pay formation (Fig. 8).