

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Природных ресурсов  
Направление подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело  
Кафедра Геологии и разработки нефтяных месторождений

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Анализ эффективности применения технологии гидроразрыва пласта на нефтегазоконденсатном месторождении "S" (Томская область)</b>

УДК 622.276.66(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б3Г	Закорюкин Глеб Евгеньевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Коровкин Михаил Владимирович	д.ф.м.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пожарницкая Ольга Вячеславовна	к.э.н, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Немцова Ольга Александровна			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ГРНИ	Чернова Оксана Сергеевна	к.г.-м.н.		

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт природных ресурсов  
Направление подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело  
Кафедра геологии и разработки нефтяных месторождений

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой  
\_\_\_\_\_ О.С. Чернова

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
2БЗГ	Закорюкину Глебу Евгеньевичу

Тема работы:

<b>Анализ эффективности применения технологии гидроразрыва пласта на нефтегазоконденсатном месторождении "S" (Томская область)</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	22.03.2017 г, 1959/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2017 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Пакет технической, технологической и нормативной информации по месторождениям компании ОАО «Томскгазпром, тексты и графические материалы отчетов и исследовательских работ, фондовая и периодическая литература.
---------------------------------	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p>	<p><b>Введение</b>  1. Применение гидравлического разрыва пласта на нефтяных и газовых месторождениях. Выбор скважин для проведения ГРП при проектировании разработки месторождений нефти и газа  2. Характеристика месторождения  3. Анализ проведенных операций ГРП на нефтегазоконденсатном месторождении.  4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение  5. Социальная ответственность  <b>Заключение</b></p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p>	<p>Методология проектирования ГРП. Общие сведения. Геологический разрез по линии скважин. Карта совмещённых контуров продуктивных пластов. Физико-химические свойства пластовых флюидов. Количество проведенных ГРП. ГДИС. Результаты и интерпретация ГДИС. Аналитический анализ. Экономическая эффективность. Выводы по проведенным ГРП.</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>01.03.2017 г.</p>
--	----------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Коровкин Михаил Владимирович	д.ф.м.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б3Г	Закорюкин Глеб Евгеньевич		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2БЗГ	Закорюкину Глебу Евгеньевичу

<b>Институт</b>	<b>ИПР</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ГРНМ</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ специальность	Нефтегазовое дело

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): «Расчет стоимости внедрения в систему разработки месторождения горизонтальной насосной установки»</i>	<i>Оценка затрат на проведение работ по гидроразрыву пласта на нефтегазоконденсатном месторождении S (Томская область)</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Положение об оплате труда ОАО «Томскгазпром»</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Налоговый кодекс РФ ФЗ-213 от 24.07.2009 в редакции от 09.03.2016г. № 55-ФЗ</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Расчет прироста добычи нефти при использовании ГРП на нефтегазоконденсатном месторождении S (Томская область)</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Экономическое обоснование применения гидроразрыва пласт. Планирование проведения гидроразрыва пласта с целью увеличения интенсификации дебита нефти</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Расчет полной стоимости работ с учетом амортизационных отчислений на оборудование, за используемый период.</i>

**Перечень графического материала**

1. *Расчет материальных затрат для проведения ГРП. Оборудования для проведения ГРП*
2. *Расчет амортизационных отчислений*
3. *Расчет заработной платы сотрудников*
4. *Страховые тарифы на обязательное страхование в ОСС, ПФР, ФСС и ФОМС*
5. *Расчет контр. агентных услуг*
6. *Затраты на проведение организационно-технического мероприятия*

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Пожарницкая Ольга Вячеславовна	к.э.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2БЗГ	Закорюкин Глеб Евгеньевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ. ГРП НА  
МЕСТОРОЖДЕНИИ»**

Группа	ФИО		
2Б3Г	Закорюкин Глеб Евгеньевич		
Институт	Природных ресурсов	Кафедра	Геологии и разработки нефтяных месторождений
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Нефтегазовое дело
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»</b>			
<i>1. Описание рабочего места</i>		Рабочим местом полевых работ являются кусты нефтегазоконденсатных скважин месторождения «S». При производстве работ по гидравлическому разрыву пласта могут иметь место вредные и опасные проявления факторов производственной среды для человека.	
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>			
<i>1. Производственная безопасность</i>		Работа по гидравлическому разрыву пласта на кусте нефтегазоконденсатных скважин связана с дополнительным воздействием целой группы вредных факторов, что существенно снижает производительность труда.	
<i>1.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды</i>		К таким факторам можно отнести: 1. Вибрация от работы оборудования; 2. Отклонение показателей климата на открытом воздухе.	
<i>1.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды</i>		На кусте нефтегазовых скважин при проведении гидравлического разрыва пласта, могут возникнуть опасные ситуации для обслуживающего персонала, к ним относятся: 1. Электрический ток; 2. Пожароопасность и взрывоопасность 3. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования (в т.ч. грузоподъемные).	
<i>2. Экологическая безопасность</i>		При гидравлическом разрыве пласта на месторождении будет оказываться негативное воздействие на окружающую среду, такое как: 1. Нарушение поверхности стока; 2. Нарушение почвенно-растительного покрова; 3. Разлив горюче-смазочных материалов, грунтовок, 4. Смол и других материалов; 5. Захламление территории отходами производства; 6. Возгорание из-за допуска к работе неисправных технических средств, способных вызвать возгорание.	
<i>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</i>		Во время проведения работ по гидравлическому разрыву пласта возможно возникновение пожаров и фонтанов на нефтяных и газовых скважинах.	

4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Законодательное регулирование проектных решений, в основу которых положен закон РФ «О защите населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»
--	---

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Немцова Ольга Александровна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б3Г	Закорюкин Глеб Евгеньевич		

№	Результаты обучения
1	2
P1	Применять <i>глубокие</i> естественнонаучные, математические, экономические и инженерные знания для решения научных и практических задач в нефтегазовом секторе экономики
P2	Применять <i>глубокие профессиональные знания</i> в области современных нефтегазовых технологий для решения <i>междисциплинарных инженерных задач</i> нефтегазовой отрасли
P3	Планировать и проводить аналитические и экспериментальные <i>исследования</i> с использованием новейших достижений науки и техники, уметь критически оценивать результаты и делать выводы, полученные в <i>сложных и неопределённых условиях</i> ;
P4	Проявлять <i>глубокую осведомленность о передовых знаниях и открытиях</i> в области нефтегазовых технологий с учетом <i>передового отечественного и зарубежного опыта</i> , уметь <i>использовать новые знания при обучении сотрудников</i>
P5	Использовать <i>инновационный подход</i> при разработке новых идей и методов <i>проектирования</i> объектов нефтегазового комплекса для решения инженерных задач развития нефтегазовых технологий, <i>модернизации и усовершенствования</i> нефтегазового производства; использовать <i>основы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности</i>
P6	<i>Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные машины и механизмы</i> для реализации технологических процессов нефтегазовой области, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила <i>охраны здоровья и безопасности труда</i> , выполнять требования по <i>защите окружающей среды</i>
P7	Быстро ориентироваться и выбирать <i>оптимальные решения в многофакторных ситуациях</i> , владеть методами и средствами <i>математического моделирования</i> технологических процессов и объектов
P8	Эффективно использовать любой имеющийся арсенал технических средств для максимального приближения к поставленным производственным целям при <i>разработке и реализации проектов</i> , проводить <i>экономический анализ затрат, экономической эффективности, маркетинговые исследования</i>
P9	Эффективно работать <i>индивидуально</i> , в качестве члена и <i>руководителя команды</i> , умение формировать задания и <i>оперативные планы</i> всех видов деятельности, распределять обязанности членов команды, готовность нести <i>ответственность за результаты работы</i>
P10	Самостоятельно учиться и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности
P11	Активно <i>владеть иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию и защищать результаты инженерной деятельности

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 82 с., 13 рис., 16 табл., 13 источников.

Ключевые слова: гидроразрыв пласта, месторождение, пласт, нефть, обводненность, кратность увеличения дебита, проппант, метод увеличения нефтеотдачи, дизайн гидроразрыва пласта, проектирование ГРП, оптимальная геометрия трещины, технология концевое экранирования (TSO), стимуляция, интенсификация, повышение нефтеотдачи.

Объектом исследования бакалаврской работы является призабойная зона пласта нефтегазоконденсатного месторождения.

Цель работы – анализ эффективности и исследование вопросов в области внедрения теоретического и практического применения технологий ГРП на месторождении компании ОАО «Томскгазпром».

В процессе исследования проводилось моделирование и оценка внедрения технологии ГРП с помощью программного комплекса WellFlo 2010.

Степень внедрения: результаты работы подтвердили технологическую и экономическую эффективность работ, с проведением интенсификации на нефтегазоконденсатном месторождении с достаточно уровнем успешности.

Область применения: может быть применена при последующих мероприятиях ГТМ на газоконденсатных месторождениях компании ОАО «Томскгазпром».

Полученные результаты и новизна: в результате исследования было доказано, что гидравлический разрыв пласта является эффективным методом воздействия на нижележащий пласт Ю12 в чисто нефтяной зоне и позволяетратно повышать продуктивность или приемистость скважин в то время как для пласта Ю11 необходимо проведении апробации.

В будущем планируется дальнейшее исследование по выбранной теме с учетом результатов, полученных при апробации предложенных мероприятий на конкретном предприятии.

Целесообразно использовать полученные результаты при оптимизации технологий на других месторождениях компании

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

ПЗП - призабойная зона пласта

АСПО - асфальтосмолопарафиновые отложения

АСВ - асфальтосмолистые вещества

ПАВ - поверхностно-активные вещества

ОАО - открытое акционерное общество

ЗАО - закрытое акционерное общество

НГДУ - нефтегазодобывающее управление

СКВ. - скважина

РФ - Российская Федерация

УПС - установка предварительного сброса (воды)

П- парафины

А - асфальтены

С - смолы

ЖОУ - жидкие отходы углеводородов

ЛНФ - легкая нефтяная фракция

ГПЗ - газоперерабатывающий завод

ГОСТ - государственный стандарт

ОСТ - отраслевой стандарт

СТП - стандарт предприятия

ТУ - технические условия

РД - руководящий документ

ППД - поддержание пластового давления

НКТ - насосно-компрессорные трубы

ПЭД - погружной электродвигатель

МОП - межочистой период

ГТМ - геолого-техническое мероприятие

ПРС - подземный ремонт скважин

КРС - капитальный ремонт скважин

## Оглавление

Введение .....	12
1. Применение гидравлического разрыва пластана нефтяных и газовых месторождениях ...	15
1.1. Основные представления о механизме ГРП .....	15
1.2. Опыт использования гидроразрыва .....	17
1.3. Факторы успешности операций ГРП .....	20
1.4. Основные принципы выбора скважин для проведения гидроразрыва.....	21
1.5. Последовательность подбора скважин для гидроразрыва при проектировании разработки .....	23
1.6. Методология проектирования гидроразрыва.....	24
2. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	29
2.1. Общие сведения о месторождении и участке недр .....	28
2.2. Характеристика нефтегазоносности продуктивного разреза .....	30
3. Анализ технологии ГРП.....	38
3.1 Анализ проведенных операций ГРП на НГКМ .....	38
3.2 Аналитический анализ проведенной операции ГРП по технологии TSO на типовой скважине .....	46
3.3 Определение СКИН фактора (интерпретация ГДИС) .....	49
3.4 Аналитический расчет эффективности ГРП.....	51
4. Финансовый менеджмент. Ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Расчет стоимости проведения ГРП .....	55
5. Социальная ответственность .....	63
Заключение.....	86
Список используемых источников .....	87

## **Введение**

В связи с постепенным истощением легко извлекаемых запасов углеводородов, в последние годы наблюдается тенденция к переходу на разведку и разработку горизонтов со значительно более сложными геологическими условиями и низкими фильтрационно-емкостными свойствами. Зачастую промышленная эксплуатация объектов подобного рода является экономически неэффективной без применения технологий по повышению нефтеотдачи пласта. Имея достаточный опыт проведения обработок в пределах конкретного участка, существует возможность оптимизировать программу закачки ГРП, что в свою очередь должно повышать его эффективность.

С самого начала применения технологии ГРП в нефтяной отрасли гидравлический разрыв пласта стал одним из важнейших методов разработки месторождений, повышения нефтеотдачи пласта и продуктивности скважины. Создание проводящего канала в пласте для повышения нефтеотдачи – это самый сложный процесс, требующий рассмотрения различных аспектов разработки пласта, включая особенности геологического строения, оценку петрофизических свойств пласта, различные аспекты технологии разработки, вопросы геомеханики и динамики.

Наиболее высокой эффективности гидроразрыва можно достигнуть, если выбор скважин для обработок и оптимизация параметров трещин, обеспечивающая баланс между фильтрационными характеристиками пласта и трещины, осуществляются с учетом геолого-физических свойств объекта, распределения напряжений в пласте, определяющего ориентацию трещин, системы заводнения и расстановки скважин. Эффект от проведения гидроразрыва неодинаково проявляется в работе отдельных скважин, поэтому необходимо рассматривать не только прирост дебита каждой скважины вследствие гидроразрыва, но и влияние взаимного расположения скважин, конкретного распределения неоднородности пласта, энергетических

возможностей объекта и др. Такой анализ возможен только на основе математического моделирования процесса разработки участка пласта или объекта в целом с использованием адекватной геолого-промысловой модели, выявляющей особенности геологической неоднородности объекта.

Таким образом, основой успешного массового применения ГРП является высокая критичность выбора объектов, с одной стороны, и активное освоение передового отечественного и зарубежного опыта, а также максимальная адаптация технологии его проведения к условиям выбранных объектов, с другой. Объекты выбираются на основе обобщенных критериев, учитывающих геологические особенности строения пласта, текущее состояние его разработки и технологические возможности ГРП.

Анализ мероприятий по ГРП, подтверждает тот факт, что отсутствие комплексного подхода и повсеместное тиражирование технологии приводит к снижению как длительности эффекта от проведения интенсификации, так и уменьшению прибыльности операций. Это может быть вызвано неэффективным подбором скважин-кандидатов под ГРП и свою очередь неправильностью закачиваемого проппанта при проведении операции.

Таким образом оптимизация проведения обработок с целью максимизации рентабельности и повышения экономической эффективности по средствам учета дополнительных технологических и геологических рисков необходимо для дальнейшего эффективного использования данной технологии на месторождениях компании.

Цель - анализ эффективности и исследование вопросов в области внедрения теоретического и практического применения технологий ГРП на месторождении компании ОАО «Томскгазпром».

Цель работы - исследование вопросов в области внедрения теоретического и практического применения технологий ГРП на месторождении компании ОАО «Томскгазпром».

При написании работы были рассмотрены и поставлены следующие задачи:

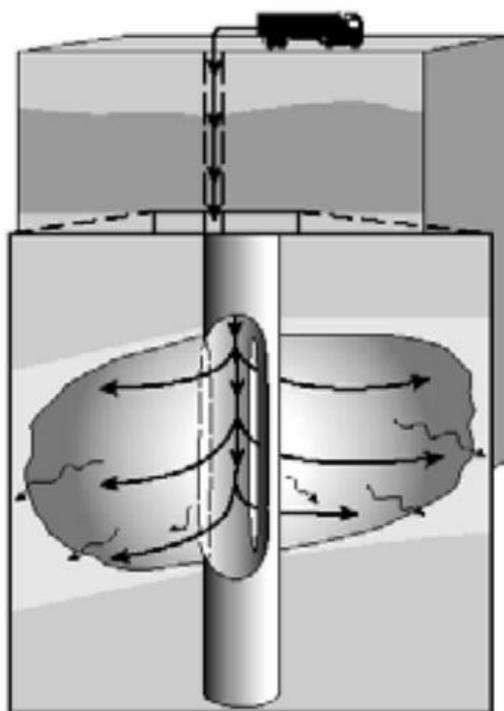
- изучить теоретические основы технологии ГРП и основные направления технологии в нефтяной и газовой промышленности для повышения эффективности ГРП в дальнейшем
- исследовать результаты проведенных операций ГРП на месторождении в ОАО «Томскгазпром»;
- провести технико-экономический анализ проведенных операций в ОАО "Томскгазпром".

Наиболее качественно оценить эффективность ГРП можно по средствам анализа и построения индикаторных диаграмм, реализованных в специальных компьютерных программах, а также проведения экономических расчетов.

## **1. Применение гидравлического разрыва пластана нефтяных и газовых месторождениях**

### **1.1. Основные представления о механизме ГРП**

Гидравлический разрыв пласта представляет собой механический метод воздействия на продуктивный пласт, состоящий в том, что порода разрывается по плоскостям минимальной прочности под действием избыточного давления, создаваемого закачкой в скважину жидкости разрыва с расходом, который скважина не успевает поглощать (рис.1).



**Рисунок 1. Поперечный разрез, распространяющейся трещины**

Флюиды, посредством которых с поверхности на забой скважины передается энергия, необходимая для разрыва, называются жидкостями разрыва. После разрыва под воздействием давления жидкости трещина увеличивается, возникает ее связь с системой естественных трещин, не вскрытых скважиной, и с зонами повышенной проницаемости. Таким образом, расширяется область пласта, дренируемая скважиной. В образованные трещины жидкостями разрыва транспортируют проппант, закрепляющий трещины в раскрытом состоянии после снятия избыточного давления.

В результате ГРП кратно повышаются дебит добывающих или приемистость нагнетательных скважин за счет снижения гидравлических сопротивлений в призабойной зоне и увеличения фильтрационной поверхности скважины, а также повышается конечная нефтеотдача за счет приобщения к выработке слабодренируемых зон и пропластков.

Метод ГРП имеет множество технологических решений, обусловленных особенностями конкретного объекта обработки и достигаемой целью. Технологии ГРП различаются, прежде всего, по объемам закачки технологических жидкостей и пропантов и соответственно по размерам создаваемых трещин. Наиболее широкое распространение получил локальный гидроразрыв как эффективное средство воздействия на призабойную зону скважин. При этом бывает достаточным создание трещин длиной 10-20 м с закачкой десятков кубических метров жидкости и единиц тонн пропанта. В этом случае дебит скважин увеличивается в 2-3 раза. В последние годы интенсивно развиваются технологии создания высокопроводящих трещин относительно небольшой протяженности в средне- и высокопроницаемых пластах, что позволяет снизить сопротивление призабойной зоны и увеличить эффективный радиус скважины.

Проведение гидроразрыва с образованием протяженных трещин приводит к увеличению не только проницаемости призабойной зоны, но и охвата пласта воздействием, вовлечению в разработку дополнительных запасов нефти и повышению нефтеизвлечения в целом. При этом возможно снижение текущей обводненности добываемой продукции. Оптимальная длина закрепленной трещины при проницаемости пласта 10-50 мД обычно составляет 40-60 м, а объем закачки - от десятков до сотен кубических метров жидкости и от единиц до десятков тонн пропанта. Наряду с этим применяется селективный гидроразрыв, который позволяет вовлечь в разработку и повысить продуктивность низкопроницаемых слоев.

## **1.2. Опыт использования гидроразрыва**

В настоящее время за рубежом накоплен огромный опыт по проведению ГРП. При этом все возрастающее внимание уделяется подготовке каждой операции. Важнейший элемент такой подготовки - сбор и анализ первичной информации. Данные, необходимые для подготовки ГРП, можно подразделить на три группы:

- геолого-физические свойства пласта (проницаемость, пористость, насыщенность, пластовое давление, положение газонефтяного и водонефтяного контактов, петрография пород);
- характеристики геометрии и ориентации трещины (минимальное горизонтальное напряжение, модуль Юнга, коэффициент Пуассона, сжимаемость породы и т.п.);
- свойства жидкости разрыва и проппанта.

Основными источниками информации являются данные геологических, геофизических и петрофизических исследований, лабораторного анализа керна, а также промыслового эксперимента, состоящего в проведении микро- и мини-гидроразрывов. В последние годы разрабатывается технология комплексного подхода к проектированию ГРП, который основан на учете многих факторов, таких как проводимость пласта, система расстановки скважин, механика трещины, характеристики жидкости разрыва и проппанта, технологические и экономические ограничения.

В соответствии с этим можно выделить следующие этапы оптимизации проведения ГРП на объекте:

1. Выбор скважин для обработки с учетом существующей или проектируемой системы разработки, обеспечивающей максимизацию добычи нефти и газа при минимизации затрат.

2. Определение оптимальной геометрии трещины - длины и проводимости - с учетом проницаемости пласта, системы расстановки скважин, удаленности скважины от газо- или водонефтяного контакта.

3. Выбор модели распространения трещины на основе анализа механических свойств породы, распределения напряжений в пласте и предварительных экспериментов.

4. Подбор проппанта с соответствующими прочностными свойствами, расчет объема и концентрации проппанта, необходимых для получения трещины с заданными свойствами.

5. Подбор жидкости разрыва с подходящими реологическими свойствами с учетом характеристик пласта, проппанта и геометрии трещины.

6. Расчет необходимого количества жидкости разрыва и определение оптимальных параметров нагнетания с учетом характеристик жидкости и проппанта, а также технологических ограничений.

7. Расчет экономической эффективности проведения ГРП.

При проведении ГРП в наклонных скважинах, направление которых отклоняется от плоскости разрыва, возникают проблемы, связанные с образованием нескольких трещин от различных интервалов перфорации и с искривлением трещины вблизи скважины. Для создания единой плоской трещины в таких скважинах используется специальная технология, основанная на ограничении числа перфорационных отверстий, определении их размеров, количества и ориентации по отношению к направлениям главных напряжений в пласте.

В последние годы разрабатываются технологии применения ГРП в горизонтальных скважинах. Ориентация трещины по отношению к оси скважины определяется направлением горизонтального ствола по отношению к азимуту минимального главного напряжения в пласте. Если горизонтальный ствол параллелен направлению минимального главного напряжения, то при гидроразрыве образуются поперечные трещины. Разработаны технологии создания нескольких трещин в одной горизонтальной скважине. В этом случае количество трещин определяется с учетом технологических и экономических ограничений и обычно составляет 3-4. Во всех случаях выбор между

проектированием вертикальных скважин с ГРП, горизонтальных скважин или горизонтальных скважин с ГРП осуществляется на основе оценки экономической эффективности той или иной технологии.

Гидроразрыв средне- и высокопроницаемых пластов является одним из наиболее интенсивно развивающихся в настоящее время методов стимулирования скважин. В высокопроницаемых пластах основным фактором увеличения производительности скважины вследствие ГРП является ширина трещины, в отличие от низкопроницаемых пластов, где таким фактором является ее длина. Для создания коротких широких трещин используется технология концевое экранирование, которая состоит в продавливании проппанта в первую очередь к концу трещины путем постепенного увеличения его концентрации в рабочей жидкости в ходе обработки. Осаждение проппанта на конце трещины препятствует ее росту в длину. Дальнейшая закачка несущей проппант жидкости приводит к увеличению ширины трещины, которая доходит до 2,5 см, тогда как при обычном ГРП ширина трещины составляет 2-3 мм. В результате эффективная проводимость трещины (произведение проницаемости и ширины) составляет 300-3000 Д·мм.

### **1.3. Факторы успешности операций ГРП**

Основными факторами, определяющими успешность ГРП, являются правильный выбор объекта для проведения операций, использование технологии гидроразрыва, оптимальной для данных условий, и грамотный подбор скважин для обработки. Принятие решения о проведении гидравлического разрыва пласта в каждом конкретном случае осуществляется с учетом горно-геологических условий.

Наиболее высокой эффективности гидроразрыва можно достигнуть, если выбор скважин для обработок и оптимизация параметров трещин, обеспечивающая баланс между фильтрационными характеристиками пласта и трещины, осуществляются с учетом геолого-физических свойств объекта, распределения напряжений в пласте, определяющего ориентацию трещин, системы заводнения и расстановки скважин. Эффект от проведения гидроразрыва неодинаково проявляется в работе отдельных скважин, поэтому необходимо рассматривать не только прирост дебита каждой скважины вследствие гидроразрыва, но и влияние взаимного расположения скважин, конкретного распределения неоднородности пласта, энергетических возможностей объекта и др. Такой анализ возможен только на основе математического моделирования процесса разработки участка пласта или объекта в целом с использованием адекватной геолого-промысловой модели, выявляющей особенности геологической неоднородности объекта.

Таким образом, основой успешного массового применения ГРП является высокая критичность выбора объектов, с одной стороны, и активное освоение передового отечественного и зарубежного опыта, а также максимальная адаптация технологии его проведения к условиям выбранных объектов, с другой. Объекты выбираются на основе обобщенных критериев, учитывающих геологические особенности строения пласта, текущее состояние его разработки и технологические возможности ГРП.

#### 1.4. Основные принципы выбора скважин для проведения гидроразрыва

##### *Выявление скважин с загрязненной призабойной зоной*

В скважинах с загрязненной призабойной зоной наблюдается падение добычи жидкости при сохранении тех же условий эксплуатации, более низкие значения дебита по сравнению с расположенными поблизости скважинами данного месторождения. Выявление таких скважин осуществляется на основе промысловых данных либо в результате расчета. Расчетный метод состоит в следующем: оценивается радиус области дренирования скважины и вычисляется дебит жидкости по формуле Дюпюи:

$$q = \frac{2\pi kh(p - p_{wf})}{B\mu \left[ \ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right) - \frac{3}{4} + s \right]} \quad (1)$$

Если расчетный дебит значительно выше фактического, то можно предположить, что имеется загрязнение призабойной зоны. Кроме того, ухудшение коллекторских свойств в призабойной зоне может быть выявлено по результатам гидродинамических исследований. Трещины гидроразрыва обеспечивают связь скважины с областью пласта неухудшенной проницаемости. Гидроразрыв в скважинах с загрязненной призабойной зоной позволяет не только восстановить первоначальную добычную способность скважин, но и добиться ее значительного превышения. Увеличение производительности скважины после ГРП определяется соотношением проницаемостей пласта и трещины и размерами трещины. Причем дебит скважины не возрастает неограниченно с ростом длины трещины. Существует предельное значение длины трещины, превышение которого не приводит к росту дебита жидкости. При определенных значениях длины и проводимости трещины наличие загрязненной зоны вокруг скважины практически не оказывает никакого влияния на величину дебита после ГРП.

##### *Высокая эффективность гидроразрыва в нагнетательных скважинах*

Расчеты показывают высокую эффективность проведения ГРП в нагнетательных скважинах для обращенных семи-, девятиточечной и трехрядной систем расстановки скважин. Гидроразрывы в добывающих скважинах не приводят к ожидаемому приросту добычи нефти, если они не обеспечиваются необходимым объемом закачки или энергетической "поддержкой" со стороны пластовой системы. Кратное увеличение дебита системы в результате ГРП происходит лишь при одновременной обработке добывающих и нагнетательных скважин.

*Учет ориентации трещин при гидроразрыве в обводненных добывающих скважинах в краевых зонах пласта и в рядных системах разработки*

Влияние ориентации трещин на обводненность после ГРП оказывается наиболее существенным при рядных системах расстановки скважин и в краевых зонах пласта. В этих случаях ориентация трещин является важным фактором, определяющим долю воды в продукции скважин после ГРП. Возможны как резкое падение, так и быстрый рост обводненности. Время, в течение которого затем восстанавливается первоначальное значение, может быть сопоставимо с продолжительностью эффекта ГРП. Если трещина ориентирована параллельно нагнетательному ряду или водонефтяному разделу, то гидроразрыв приведет к замедлению роста обводненности или даже к значительному снижению этого показателя. В данном случае эффективность ГРП даже в обводненных скважинах может оказаться достаточно высокой. Если трещина ортогональна водонефтяной границе или нагнетательному ряду, то эффект ГРП может оказаться отрицательным. В случае благоприятной ориентации трещин целесообразно проведение повторных ГРП для получения дополнительного эффекта.

Для площадных систем разработки эффекты, связанные с изменением обводненности из-за различной ориентации трещин, носят

непродолжительный и менее выраженный характер, поэтому их можно не учитывать.

## **1.5. Последовательность подбора скважин для гидроразрыва при проектировании разработки**

Рекомендуется следующая последовательность действий при подборе скважин для проведения ГРП:

1. Анализ геолого-физической и промысловой информации; построение детальной геологической модели объекта.

2. Определение ориентации трещин.

3. Расчет оптимальных параметров трещины – длины и проводимости.

4. Выявление скважин с загрязненной призабойной зоной.

5. Предварительный подбор скважин для ГРП. При расстановке скважин на новом участке или месторождении необходимо учитывать по возможности ориентацию трещин.

6. Создание геолого-математической модели объекта.

7. Расчет базового варианта разработки (без проведения ГРП).

8. Расчет варианта с гидроразрывами во всех скважинах, намеченных на этапах 4-5.

9. Сопоставление базового варианта и варианта с ГРП: выявление скважин, в которых гидроразрыв не приводит к существенному увеличению добычи нефти; выявление невырабатываемых участков пласта и проектирование дополнительных ГРП в добывающих скважинах для дренирования этих участков; выявление участков, характеризующихся пониженным пластовым давлением, и проектирование дополнительных ГРП в нагнетательных скважинах.

10. Создание новых вариантов с ГРП, проведение расчетов, сопоставление вариантов между собой и с базовым вариантом.

11. Выбор нескольких технологически эффективных вариантов.

12. Проведение технико-экономических расчетов с учетом затрат на ГРП; выбор рекомендуемого варианта.

## **1.6. Методология проектирования гидроразрыва**

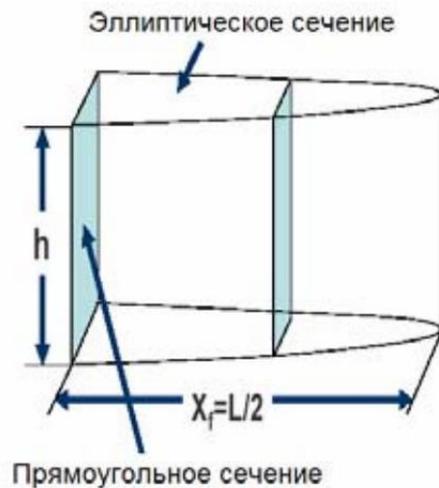
### *Модели распространения трещины*

Вследствие высокой стоимости и технической сложности операций гидравлического разрыва, важным этапом в планировании проведения гидроразрыва пласта является создание модели или дизайна ГРП, что позволяет прогнозировать геометрию трещины и оптимизировать ее параметры. Математическое моделирование процесса трещинообразования базируется на фундаментальных законах теории упругости, физики нефтегазоносных ластов, фильтрации, термодинамики.

Обычно в моделировании используются четыре вида моделей распространения трещины: модель Кристиановича – Жиртсма – де Клерка (KGD, 1955, 1969), модель Перкинса – Керна – Нордгрена (PKN, 1961, 1972), радиальная модель (1972, 1976) и псевдо-трехмерная модель. Основой для любой модели распространения трещины являются фундаментальные законы сохранения массы, импульса, энергии, а также законы течения жидкости и распространения энергии.

#### *Модель KGD*

Предполагается, что высота трещины не зависит от вертикальной позиции, она постоянна и имеет прямоугольное сечение. Форма трещины является почти эллиптической, что соответствует ситуации, когда снижение трения в трещине возникает в основном на концах трещины, а давление остается постоянным по всей трещине. Таким образом, возникает проблема определения ширины трещины. Эта модель применяется в случаях, когда высота трещины намного больше, чем полудлина трещины (рис.2).



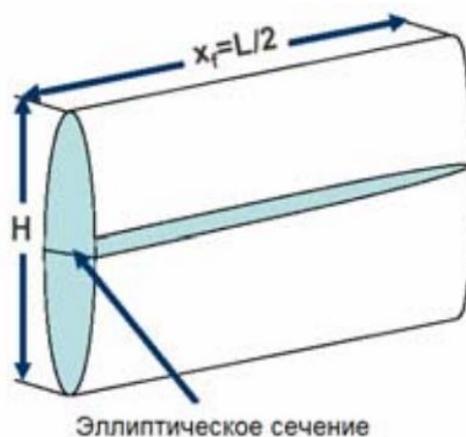
**Рисунок 2. Модель KGD**

*Модель PKN*

Перкинс и Керн (1961) и Нордгрэн (1972) рассматривали трещины при допущении, что вертикальные сечения трещины изменяются независимо друг от друга. Главное допущение этой модели – это то, что длина трещины намного больше высоты трещины (рис.3). Также предполагается, что:

- в вертикальном направлении нет течения;
- давление в вертикальном сечении трещины является постоянным;
- сечение имеет эллиптическую форму;
- нет связи между плоскостями, т.е. напряжение в точке  $x$  не зависит от

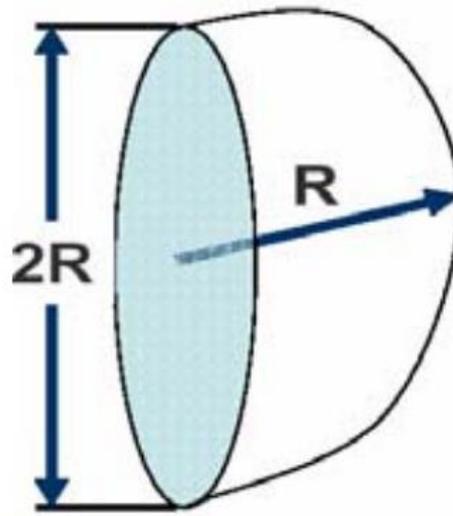
распределения давления в других точках по всей длине трещины, таким образом, ширина трещины может рассматриваться как функция локального давления.



**Рисунок 3. Модель PKN**

### *Радиальная модель*

Эта модель имеет место, когда высота трещины равна полной длине трещины (рис.4). Две модели, рассмотренные выше, предполагали распространение вертикальной трещины с известной высотой. Если вертикальный стресс меньше горизонтального, трещина распространяется в горизонтальном или наклонном направлении. Также, для мощных пластов, не имеющих барьеров, вертикальные трещины распространяются радиально.



**Рисунок 4. Радиальная модель**

### *Псевдо-трехмерная модель*

Для моделирования вертикального или поперечного распространения вертикальной трещины необходимо избавиться от предположения, что высота трещины постоянна. Основная идея трехмерного моделирования – это то, что вертикальные плоскости изменяют форму независимо, но высота трещины зависит от расположения внутри трещины и времени. Предположение, что длина трещины больше ее высоты, является основным.

Следующие факторы влияют на распространение трещины в пласте: давление закрытия трещины; модуль Юнга и коэффициент Пуассона; прочность; коэффициент утечки жидкости в пласт.

Разница между двумерной и трехмерной моделям трещины состоит в оценке вертикальной составляющей течения жидкости. Полная трехмерная

модель учитывает трехмерное распространение трещины с двумерным течением жидкости. Трещина дискретизируется, внутри каждого блока осуществляются основанные на фундаментальных законах сохранения вычисления. Такая трехмерная модель требует значительного объема данных.

#### *Результаты моделирования*

Параметр, определяемый в первую очередь – это размер проппанта. После этого определяются оптимальные длина и ширина трещины, проводимость, направление ее распространения, график закачки. Все параметры должны быть обоснованы как с инженерной, так и с экономической точек зрения. После проведения мини-ГРП и анализа полученных данных, осуществляется окончательный расчет дизайна ГРП на основе уточненных параметров. Правильно подобранная модель позволяет определить размеры и проводимость трещины и оценить, в какой мере эти параметры повлияют на увеличение продуктивности скважин.

**Главы 2, 3 являются конфиденциальной информацией и коммерческой тайной компании ОАО «Томскгазпром»**

#### **4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.**

Целью данной работы является, совершенствование технологий гидроразрыва пласта (ГРП) на НГК месторождении (Томская область). В этой главе будет рассмотрена и рассчитана стоимость проведения работ на примере одной скважины.

ГРП относится к дорогостоящему методу по интенсификации притока, как на нефтяных, так и на газовых месторождениях. После проведения ГРП дебит скважины, как правило, возрастает. Метод позволяет «оживить» простаивающие скважины, на которых добыча нефти или газа традиционными способами уже невозможна или малорентабельна.

Для проведения данного метода интенсификации, также будут необходимы следующие техника и реагенты, расчеты которых будут приведены в таблицах ниже.

##### **4.1 Расчет материальных затрат на проведение ГРП**

При расчете принимался «классический» метод проведения ГРП для скважины № 16р НГКМ (Томская область). Для проведения ГРП, необходима специальная бригада, состоящая из 30 человек. Расчет материальных затрат представлен в таблице 6[5].

Расчет топлива осуществляется исходя из того, что а/м УАЗ ПАТРИОТ был в пути 400 км (расстояние до месторождения и обратно) , следовательно, при расходе топлива 15л/100 км было потрачено 60 литров, что соответственно равно 2100 рублей.

Насос использовался в рабочем режиме, в течение всего периода работ, с учетом этого режима расхода равного 1 л/ч, было потрачено 30 литров дизельного топлива.

Расчет материальных затрат на проведение ГРП представлен в таблице 6. Также следует учитывать, что реагенты, необходимые для проведения ГРП, хранятся в специальных цистернах.

Таблица 6 - Расчет материальных затрат на проведение ГРП

Ресурсы	Количество	Стоимость за ед., руб.	Стоимость комплекта, руб.
Спецодежда	30	10 000	300 000
Полотенца	30	400	12 000
Средства гигиены	30	200	6 000
ГСМ для насоса	30 литров	35 руб./литр	1050
ГСМ для а/м УАЗ ПАТРИОТ	60 литров	35 руб./литр	2100
ГСМ для цистерны	95 литров	34 руб./литр	3 230
Ингибитор разбухания глин	10	15 000	150 000
Ингибитор солеотложения	9	8 000	72 000
Ингибитор по борьбе с водоприток	20	7 500	150 00
ПАВ	120	3 000	360 000
Ингибитор по борьбе с АСПО	65	9 000	585 000
<b>Итого:</b>	-	-	<b>1 491 380</b>

Вывод: для осуществления ГРП, необходимо наличие основных и вспомогательных материалов, общая стоимость которых будет равна 1 491 380 рублей.

Ниже в таблицах представлено оборудование для проведения ГРП

Таблица 7 - Необходимое оборудование для ГРП

№	Краткое описание действия	Используемое оборудование
1.	Промывка труб и забоя от загрязнений	Насос
2.	Смешивание ПАВ, ингибиторов разбухания глин, ингибиторов по водопритоку	Смешивающий агрегат («Блендер»)
3.	Закачка буферной жидкости	Насос
4.	Закачка проппанта	Насос
5.	Закачка «продавочной» жидкости	Насос
6.	Доставка жидкости до базы для утилизации (200 км)	Цистерна

Таблица 8 - Специальная техника для проведения ГРП

№	Краткое описание действия	Используемое оборудование
---	---------------------------	---------------------------

<b>1.</b>	Доставка рабочих до места проведения работы и обратно, сопровождение (400 км).	а/м УАЗ ПАТРИОТ
<b>2.</b>	Установка манифольдов	Кран (НИТАСНІ)

## 4.2. Расчет амортизационных отчислений

Расчет амортизационных отчислений на оборудование, использованное при проведении операции ГРП в таблице 9[8].

Таблица 9 - Расчет амортизационных отчислений

Наименование оборудования	Кол-во	Балансовая стоимость, руб.		Сумма амортизации, руб./12 часов.
		одного объекта	всего	
а/м УАЗ ПАТРИОТ	1	400 000	400 000	109,6
Насос	4	650 000	2600 000	1780,8
Цистерна	1	350 000	350 000	95,9
Смешивающий агрегат	1	500 000	500 000	171,2
Кран	1	400 000	400 000	273,9
НКТ	20	15 000	300 000	102,7
ГНКТ	1	25 000	25 000	17,1
Хвостовик	1	560 000	560 000	383,6
<b>ИТОГО</b>	<b>30</b>	<b>2 900 000</b>	<b>2 535 000</b>	<b>1469,1</b>

Примечание: Амортизация рассчитывается по формуле 3, срок пользования ГКТ, ГНКТ, хвостовика- 2 года; у а/м УАЗ ПАТРИОТ и крана – 5 лет, насосы – 4 год, цистерна- 5 лет, смешивающего агрегата- 5 года. Срок эксплуатации для всего перечня оборудования принимается равным одной смене (12 часов).

Затраты на амортизацию вычислим по формуле:

$$P_A = \frac{P_{\Phi Y}}{n_э}, \quad (3)$$

где  $n_э$ – срок эксплуатации,  $P_A$ - стоимость амортизации,  $P_{\Phi Y}$ - стоимость активов.

Вывод: Для проведения «классического» ГРП необходима техника, которая приведена в таблице 9. Срок годности каждого оборудования различен. Сумма амортизаций всех техники за одну смену (12 часов) составила 1469,1 руб.

### 4.3. Расчет заработной платы

Расчет заработной платы сотрудников за выполненные работы представлена в таблице 10.

Таблица 10 - Расчет заработной платы сотрудников

Должность	Количество	Оклад(ед.), руб.	Районный коэффициент (ед.)	Заработная плата с учетом надбавок, руб.(50%)	Итого заработная плата, руб.(месяц)	Итого заработная плата за выполненные работы, руб. (12 часов).
Оператор ГРП	3	15 400	4 620	23 100	129 360	21 560
Оператор ДНГ	5	8 700	2 610	13 050	121 800	20 300
Главный специалист по бурению	1	12 300	3 690	18 450	34 440	5 733,3
Главный специалист по ТКРС	1	10 500	3 150	15 750	29 400	4 900
Полевой супервайзер	1	8 560	2 568	12 840	23 968	3 994,6
Машинист	7	5 650	1 695	8 475	110 740	18 456,7
Помощник буровика	5	7 700	2 310	11 550	55 800	9 300
Геофизик	3	9 230	2 769	13 845	77 532	12 922
<b>ИТОГО:</b>	<b>30</b>	<b>78 040</b>	<b>23 412</b>	<b>108 585</b>	<b>583 040</b>	<b>68 982</b>

Районный коэффициент будет равен 1.5. Работа выполняется за 12 часа.

Вывод: По данным из таблицы 10 можно сделать вывод, что для проведения ГРП потребуется бригада из 30 человек, заработная плата которой составит 68 982.

#### 4.4. Отчисления во внебюджетные фонды

В таблице 11 представлен расчет страховых отчислений во внебюджетные фонды, такие как: пенсионный фонд России (ПФР), фонд социального страхования (ФСС), федеральный фонд обязательного медицинского страхования (ФОМС), а также в фонд обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний (ОСС). [9]

Таблица 11 - Страховые тарифы на обязательное страхование в ОСС, ПФР, ФСС и ФОМС

Должность	Зарботная плата за выполненный вид работ, руб.	Тип страховых отчислений и ставка по отчислениям			
		ОСС, 0,2%	ПФР, 22%	ФСС, 2,9%	ФОМС, 5,1%
Оператор ГРП	21 560	43,12	4743,2	625,24	1099,56
Оператор ДНГ	20 300	40,6	4466	588,7	1035,3
Главный специалист по бурению	5733,3	11,4666	1261,326	166,2657	292,3983
Главный специалист по ТКРС	4 900	9,8	1078	142,1	249,9
Полевой супервайзер	3994,6	7,9892	878,812	115,8434	203,7246
Машинист	18456,7	36,9134	4060,474	535,2443	941,2917
Помощник буровика	9 300	18,6	2046	269,7	474,3
Геофизик	12 922	25,844	2842,84	374,738	659,022
<b>Итого</b>	68 982	194,3332	21376,65	2817,831	4955,4966
		29 344,31			

С заработной платы берутся страховые тарифы на обязательное страхование, так как бригада работала всего 12 часов, которые равны 29344,31 рублю

Примечание: страховые тарифы начисляются на заработную плату сотрудников за выполненную работу согласно таблице 11.

#### 4.5. Расчет контрагентных услуг эффективности проведения ГРП

В таблице 12 представлены услуги, которые необходимы для успешного проведения ГРП [4].

Таблица 12 - Услуги

Подрядная организация	Тариф, руб.	Затраченное время	Стоимость работы, руб.
Гидродинамические исследования скважин	40 000	6	240 000
Хранение реагентов	25 000	5	125 000
<b>ИТОГО</b>			365 000

Вывод: Для проведения гидроразрыва пласта, необходимо нанять сервисные компании, которые предлагают сопутствующие технологии при ГРП. Сумма, потраченная на такие компания составило 365 000 руб.

#### 4.6. Формирование бюджета затрат на реализацию проекта

Общие затраты на реализацию ГРП представлены в таблице 13.

Таблица 13 - Затраты на организационно-технические мероприятия

№	Состав затрат	Сумма затрат, руб.	Примечание
1.	Материальные затраты	1491380	Согласно таблице 8
2.	Амортизационные отчисления	1 469,1	Согласно таблице 9
3.	Затраты на оплату труда за выполненную работу	68 982	Согласно таблице 10
4.	Отчисления во внебюджетные фонды	29344,31	Согласно таблице 11
5.	Контрагентные услуги	365 000	Согласно таблице 12
6.	<b>Итого основные расходы</b>	1954706,31	
7.	Накладные расходы (16% от суммы п.1-5)	308057,92	
7.	<b>Всего затраты на мероприятие</b>	2262764,23	

Вывод: Итак, исходя из таблицы 13, для полного проведения работ, по интенсификации притока с учетом покупки нового оборудования такого как: насосно-компрессорные трубы (НКТ), гибкие насосно-компрессорные трубы (ГНКТ), а также включая амортизационные отчисления на вышеописанное оборудование необходимо заложить в план работ затраты на сумму 2 262 764,23 рублей.

## **5.СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

При разработке низкопроницаемых коллекторов все большее применение находят технологии, связанные с методом гидравлического разрыва пласта как способа интенсификации притока жидкости, а также способа разработки залежей с трудно извлекаемыми запасами нефти. В связи с этим возникает необходимость оценки результатов применения данной технологии на процессе извлечения нефти.

Рабочей зоной инженера по ГРП является куст, скважина. Основной деятельностью инженера ГРП является поддержание правильного режима закачки продавочной жидкости, жидкости песконосителя; контроль параметров разрывапласта; разборка, ремонт и сборка оборудования для гидравлического разрыва и арматуры; обработка паром высокого давления подземного и наземного оборудования скважин и выкидных линий в зимний период;

Работа на кусте ведется круглый год, несмотря на экстремальные погодные условия.

### **Профессиональная социальная безопасность**

Для целостного представления об источниках вредностей и опасностей и всех основных выявленных вредных и опасных факторах на рабочем месте, ниже представлена таблица 13 «Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при ГРП».

Идентификация потенциальных опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) проводится с использованием «Классификации вредных и опасных производственных факторов по ГОСТ 12.0.003–74 (с измен. № 1, октябрь 1978 г., переиздание 1999 г.) [3]. Название вредных и опасных производственных факторов в работе соответствуют приведенной классификации. Определены название характерных видов работ и вредных производственных факторов (ОВПФ).

## 5.1. Анализ вредных факторов рабочей зоны и обоснование мероприятий по их устранению

Для анализа вредных факторов рабочей зоны рассмотрим основные элементы производственного процесса, приведенные в таблице 14.

Таблица 14 - Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при ГРП

Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ с измен. 1999г.)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Разборка, ремонт и сборка отдельных узлов и механизмов простого нефтепромыслового оборудования и оборудования необходимого для гидравлического разрыва пласта; 2. Обработка паром высокого давления оборудования скважин и выкидных линий; 3. Контроль параметров гидравлического разрыва; 4. Расшифровка показаний приборов контроля и автоматики.	1. Превышение уровней вибрации; 2. Отклонение показателей климата на открытом воздухе; 3. Утечка токсичных и вредных веществ в атмосферу	1. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования (в т.ч. грузоподъемные) 2. Электрический ток; 3. Пожаровзрывоопасность	ГОСТ 12.1.003-83 [1]. ГОСТ 12.1.012-90 [2]. ГОСТ 12.1.005-88[4]. ГОСТ 12.1.030-81 [5]. ГОСТ 12.4.011-89[6]. ГОСТ 12.2.062-81[7]. ГОСТ 12.2.003-91[8]. ГОСТ 12.1.038-82[10]. ГОСТ 12.1.019-79[11]. ГОСТ 12.1.004-91[15]. ГОСТ 12.1.011-78[16]. ГОСТ 12.1.010-76[17].

### Превышение уровней вибрации

В непосредственной близости от места проведения ГРП находится насосный агрегат, который создает уровень звука, не превышающий допустимый (max 80 дБА) согласно ГОСТ 12.1.003-83[1] (1999). При осуществлении гидравлического разрыва пласта создаются определенные вибрации, в зависимости от скорости подачи жидкости разрыва и жидкости песконосителя. Согласно ГОСТ 12.1.012-90[2] технологическая норма уровня виброскорости составляет 92 дБ, при частоте в 63 Гц. Уровень вибрации при работе в непосредственной близости от места проведения ГРП составляет менее 101 дБ, что превышает норму.

Основные методы борьбы с вибрацией:

- виброизоляция (резинометаллические упоры, поронитовые прокладки, обрезиненные втулки);
- соблюдение режима труда и отдыха;

- виброгашение (применение муфт из эластичных материалов, установка на виброгасящее основание).

### **Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе**

Резкие изменения температуры окружающей среды, да и просто работа в условиях пониженных температур несет пагубное влияние на человека. Двигательная активность работника обеспечивается всеми жизненными процессами в теле человека. Энергия на преобразование теплообмена используется даже в большей степени, чем на выполнение работы. Нарушение баланса тепла может привести к перегреву либо, наоборот, к переохлаждению человека. Это приводит к нарушению в работе, снижению активности и т.д.

Средняя температура в Парабельского районе составляет: в июле плюс 14-20° С, в январе минус 25-45° С.

Организации, работники которых трудятся на открытом воздухе, обязаны придерживаться ряда ограничений по температурным режимам. Температурные режимы, при которых приостанавливаются работы на открытом воздухе показаны в таблице 15

Таблица 15 - Температурный режим, при котором приостанавливаются работы на открытом воздухе [3]

Скорость ветра, м/с	Температура воздуха °С
При безветренной погоде	– 40
Не более 5,0	– 35
5,1–10,0	– 25
10,0–15	–15
15,1–20,0	–5
Более 20,0	0

Работники, которые все-таки трудятся на открытом воздухе при низких температурах, рискуют получить травмы:

- переохлаждение организма (гипотермия);
- обморожение (руки, пальцы, нос).

Для профилактики обморожений работники должны быть обеспечены специализированной одеждой для низких температур. Одежда должна соответствовать всем требованиям, подходить по размеру и не сковывать движения. Она должна состоять из нескольких слоев, где каждый несет свою функциональность: внутренний слой (нижнее белье); средний слой (свитер); внешний слой (куртка). Помимо одежды к работам должны допускаться работники с хорошей физической формой и годные по состоянию здоровья.

Работники, которые трудятся на открытом воздухе при высоких температурах, рискуют получить травмы:

- перегревание организма (гипертермия);
- солнечный удар.

Профилактика перегревания осуществляется организацией рационального режима труда и отдыха путем сокращения рабочего времени для введения перерывов для отдыха в местах с нормальным климатом. От перегрева головного мозга предусматривают головные уборы.

Для защиты от гнуса и клещей работникам выдается набор репеллентов, в состав которого входят аэрозоль и крем для защиты от гнуса и мошки, аэрозоль для защиты от клещей, средство после укусов (бальзам). Летняя спецодежда включает в себя противоэнцефалитные костюмы.

### **Утечка токсичных и вредных веществ в атмосферу**

При гидравлическом разрыве пласта есть риск возникновения утечек нефти из скважинной арматуры. При этом непременно происходит контакт человека с парами этого вещества, которые опасны не только для его здоровья, но и жизни. Нефть относится к 4-му классу опасности, ее допустимая концентрация составляет 300 мг/л [3]. Не стоит забывать и о продуктах нефтепереработки: масло, бензин, керосин, которые так же несут опасность для здоровья человека.

Путь попадания вредных веществ в организм человека может быть одним из двух:

- через кожу (при попадании вредных веществ на нее);
- через дыхательные пути (вдыхание вредных паров в организм).

В первом случае при частом попадании продуктов нефти на кожу человека, есть риск получить заболевания кожного покрова: аллергия, сыпь, мелкие язвы. Во втором же случае все более серьезно. При вдыхании человеком паров нефти и ее продуктов большой концентрации происходит наркотическое и раздражающее воздействие. Есть риск потери сознания, при этом нарушается сердечная активность. Головокружение, сухость во рту и тошнота далеко не весь перечень побочных эффектов. При длительном нахождении человека под действием паров нефти и нефтепродуктов, может произойти удушье, и как следствие смерть.

Нефть и нефтепродукты опасны для человека из-за их состава, в котором большое количество сернистых соединений: сероводород, оксид серы, азот. Воздействие на человека, всего перечисленного более подробно представлено в таблице 16.

Таблица 16. Физиологическое воздействие на организм человека некоторых газов, содержащихся в нефти [24]

Газ	Содержание		Длительность и характер воздействия
	об. %	мг/л	
Оксид углерода	0,1	12,5	Через 1 час – головная боль тошнота, недомогание
	0,5	6,25	Через 20-30 мин – смертельное отравление
	1	12,5	Через 1-2 мин – сильное смертельное отравление
Оксиды азота	0,006	0,29	Кратковременное воздействие – раздражение горла
	0,01	0,48	Продолжительное воздействие – опасно для жизни
	0,025	1,2	Смертельное отравление
Сероводород	0,01-0,015	0,15-0,23	Через 1 мин – сильное или смертельное отравление
	0,02	0,031	Через 5-8 мин – сильное раздражение глаз, носа, горла
	0,1-0,34	1,54-4,62	Быстрое смертельное отравление

Каждый работник, который контактирует с нефтью, должен иметь специальные средства защиты. На предприятиях нефтяной промышленности используются противогазы различных типов, и респираторы. Противогазы должны соответствовать индивидуальным размерам человека и соответствовать требованиям по защите.

Если отравление все же произошло, то необходимо непременно обратиться в медицинскую службу. Обеспечить пострадавшему свежий воздух, вынести его из зоны поражения. Проверить пульс, дыхание. Освободить пострадавшего от поясов и ворота. Контролировать состояние до приезда медиков.

## **5.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению**

### **Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования (в том числе грузоподъемные)**

При несоблюдении техники безопасности травму можно получить и при движении машин и механизмов. Невнимательность и отсутствие защитных средств, приводит к ушибам, переломам и вывихам различных частей тела человека.

Необходимо проводить мероприятия по устранению возможных механических травм[23]:

- проверка наличия защитных ограждений на движущихся и вращающихся частях машин и механизмов;
- плановая и внеплановая проверка пусковых и тормозных устройств;
- проверка состояния оборудования и своевременное устранение дефектов.

Для защиты от данных опасных факторов используются коллективные средства защиты, - устройства, препятствующие появлению человека в опасной зоне. Согласно ГОСТ 12.2.062-81[4] ограждения выполняются в виде различных сеток, решеток, экранов и кожухов. Они должны иметь такие размеры и быть установлены таким образом, чтобы в любом случае исключить доступ человека в опасную зону. При устройстве ограждений должны соблюдаться определенные требования. Запрещается работа со снятым или неисправным ограждением.

В качестве профилактических мер планируется систематически производить проверку наличия защитных ограждений на движущихся и вращающихся частях машин и механизмов; плановую и внеплановую проверку состояния оборудования и своевременное устранение дефектов (ГОСТ 12.2.003-91[5])

## Электрический ток

Опасность поражения электрическим током существует при работе со станцией управления насосом.

Электрический ток оказывает следующие воздействия на человека[20]:

- **Термическое действие** - подразумевает появление на теле ожогов разных форм, перегревание кровеносных сосудов и нарушение функциональности внутренних органов, которые находятся на пути протекания тока.
- **Электролитическое действие** - проявляется в расщепление крови и иной органической жидкости в тканях организма вызывая существенные изменения ее физико-химического состава.
- **Биологическое действие** - вызывает нарушение нормальной работы мышечной системы. Возникают непроизвольные судорожные сокращения мышц, опасно такое влияние на органы дыхания и кровообращения, таких как легкие и сердце, это может привести к нарушению их нормальной работы, в том числе и к абсолютному прекращению их функциональности.

Значение напряжения в электрической цепи должно удовлетворять ГОСТ 12.1.038-82[16].

Аварийный режим работы электроустановок на нефтегазодобывающих предприятиях не допускается.

Поражение человека электрическим током может произойти в следующих случаях[6]:

- при прикосновении человеком, неизолированного от земли, к нетоковедущим металлическим частям электроустановок, оказавшимся под напряжением из-за замыкания на корпусе;
- при однофазном (однополюсном) прикосновении неизолированного от земли человека к неизолированным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением.

Все применяемое электрооборудование и электроинструменты должны иметь заземление и подлежат занулению отдельной жилой кабеля с сечением

жилы не менее сечения рабочих жил или заземляющий провод диаметром 16 см<sup>2</sup>.

Корпуса и все открытые проводящие части применяемого электрооборудования должны быть защищены от косвенного прикосновения и т.д. в соответствии с требованиями ПУЭ (пункт 1.7.51) путем заземления с помощью заземлителей.

Для защиты персонала от поражения электрическим током при косвенном прикосновении в соответствии с требованиями ПУЭ (пункт 1.7.59) электрооборудование должно быть оборудовано устройством защитного отключения (УЗО).

С целью предупреждения рабочих об опасности поражения электрическим током, широко используются плакаты и знаки безопасности.

Мероприятия по созданию безопасных условий:

- инструктаж персонала;
- аттестация оборудования;
- соблюдение правил безопасности и требований при работе с электротехникой.

### **Пожароопасность и взрывоопасность**

Источником пожара на нефтяных кустах может быть: электрическое оборудование, которое работает неправильно и вследствие нагрева происходит воспламенение; неправильное отношение к продуктам отходов (бутылкам и окуркам); искры от сварки и т.д. Взорваться в свою очередь может баллон с газом или кислородом, канистра с горючим материалом и т.д.

Последствия взаимодействия открытого огня и человека приводит к ожогам различных степеней у последнего, не исключение и летальный исход. Взрыв же для человека опасен, если он находится в эпицентре, но взрыв, как правило, сопровождается пожаром, поэтому опасность нельзя недооценивать.

При обеспечении пожарной безопасности следует руководствоваться «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности ФЗ №123» от 2008 года, РД-13.220.00-КТН-367-06 и другим утвержденным в установленном порядке федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 02.07.2013) [13].

Кусты скважин, где производятся работы, должны быть укомплектованы первичными средствами пожаротушения:

- огнетушители порошковые ОП-10 - 10 шт., или углекислотные;
- ОУ-10 - 10 штук или один огнетушитель ОП-100 (ОП-50 2 шт.);
- лопаты - 2 шт.;
- топор, лом - по 1 шт.

Допуск работников к проведению работ должен осуществляться после прохождения ими противопожарного инструктажа. Если происходит изменение специфики работ, то необходимо провести внеочередной инструктаж.

Вся передвижная техника в зоне проведения работ должна быть обеспечена искрогасителями заводского изготовления.

Машины, компрессоры, опрессовщики, задействованные в производстве подготовительных и огневых работ, должны оснащаться не менее чем двумя огнетушителями ОУ-10, ОП-10.

Тушение пожара производится специальными средствами пожаротушения: огнетушители, стволы с водой, сухой песок. Для постоянного контроля, на пожароопасных работах дежурит пожарный экипаж. Для предотвращения небольшого очага возгорания подойдут подручные средства: одеяла, вода.

## 6.2. Экологическая безопасность

Таблица 16. Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при проведении ГРП [21]

Природные ресурсы и компоненты ОС	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия
Земля и земельные ресурсы	Уничтожение и повреждение почвенного слоя, элементов ландшафта, растительности	Соблюдение нормативов отвода земель. Рекультивация земель. Восстановление ландшафта
	Загрязнение почвы химреагентами и др.	Сооружение поддонов, отсыпка площадок для стоянки техники. Вывоз, уничтожение и захоронение остатков нефтепродуктов, химреагентов, мусора, загрязненной земли и т.д.
Лес и лесные ресурсы	Лесные пожары	Уборка и уничтожение порубочных остатков и другие меры ухода за лесосекой
	Оставление недорубов, захламление лесосек	Оборудование пожароопасных объектов, создание минерализованных полос, использование вырубленной древесины
	Порубка древостоя при оборудовании буровых площадок, коммуникаций.	Попенная плата, соблюдение нормативов отвода земель в залесенных территориях
Вода и водные ресурсы	Загрязнение сточными водами и мусором (буровым раствором, минеральными водами и рассолами и др.)	Отвод, складирование и обезвреживание сточных вод, уничтожение мусора; сооружение водоотводов, накопителей, отстойников, уничтожение мусора
	Загрязнение бытовыми стоками	Очистные сооружения для буровых стоков (канализационные устройства, септики, хлораторные и др.)
	Механическое и химическое загрязнение водотоков в результате сталкивания отвалов, нарушение циркуляции водотоков отвалами, траншеями и др.	Рациональное размещение отвалов, сооружение специальных эстакад и т. д.
	Загрязнение подземных вод при смещении водоносных горизонтов	Ликвидационный тампонаж буровых скважин
	Нарушение циркуляции подземных вод и иссушение водоносных горизонтов при нарушении водоупоров буровыми скважинами и подземными выработками	Оборудование скважин оголовками
Недра	Нарушение состояния геологической среды (подземные воды, изменение инженерно-геологических свойств пород)	Ликвидационный тампонаж скважин. Гидрогеологические, гидрогеохимические и инженерно-геологические наблюдения в скважинах и выработках
	Не комплексное изучение недр	Оборудование и аналитические работы на сопутствующие компоненты, породы вскрыши и отходы будущего производства. Научные исследования по повышению комплексности изучения недр

	Неполное использование извлеченных из недр полезных компонентов	Организация рудных отвалов и складов
Животный мир	Распугивание, нарушение мест обитания животных, рыб и других представителей животного мира, браконьерство	Проведение комплекса природоохранных мероприятий, планирование работ с учетом охраны животных

### 6.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Чрезвычайные ситуации могут возникнуть в результате стихийных бедствий, воспламенения веществ и оборудования, серьезное нарушение герметичности или разрушение корпуса любого элемента, через который подаётся газ, а также при неконтролируемом газонефтеводопроявлении. На случай стихийных бедствий и аварий предусматривается план по ликвидации их последствий.

Наиболее часто встречающаяся ЧС происходит в следствии серьёзного нарушения герметичности или разрушения корпуса любого элемента, что приводит к утечке газа и возможного воспламенения.

При обнаружении утечек, необходимо принять меры по предотвращению ее самовоспламенения. Обнаружение утечек производят газоанализатором или мыльным раствором.

Мероприятия по устранению ЧС:

- создать бригаду быстрого реагирования со специализированной техникой, которая в случае ЧС может откачать лишнюю воду и вывезти за пределы куста; незамедлительно сообщать начальнику участка о возникновении данной ЧС или о возможном ее возникновении;
- в случае возникновения отключить всю автоматику;

- принять возможные меры по предотвращению ЧС до приезда бригады в случае несвоевременного обнаружения ЧС;
- в случае полной потери связи и невозможности сообщить о ЧС запустить сигнальную ракету, которая расположена в щитке безопасности.

Газонефтеводопроявление (ГНВП) - вид осложнения, при котором поступление флюида из пласта в скважину или через ее устье можно регулировать или приостанавливать с помощью запорного оборудования.

Газонефтеводопроявления не только нарушают процесс бурения, но и являются причиной тяжелых аварий. При интенсивных проявлениях возможны случаи разрушения устьев скважин и бурового оборудования, возникновения взрывов и пожаров, сильного загрязнения окружающей среды и даже человеческих жертв.

Основной способ, позволяющий управлять состоянием скважины в случае начинающегося притока пластовой жидкости и предотвращать нерегулируемые выбросы промывочной жидкости, – герметизация устья специальным противовыбросовым оборудованием.

Для предотвращения выбросов и открытого фонтанирования в случае начавшегося газонефтеводопроявления необходимо (согласно «Инструкции по предупреждению газонефтеводопроявлений и открытых фонтанов при строительстве и ремонте скважин в нефтяной и газовой промышленности» [РД 08-254-98] [25]с учетом специфики работ, проводимых в условиях Западной Сибири):

1) герметизировать устье скважины преенторами, регулярно следить за их исправностью, проверять надежность системы управления ими и своевременно устранять выявленные дефекты;

2) систематически контролировать качество промывочной жидкости, выходящей из скважины, прежде всего плотность и газосодержание; с момента подхода к горизонту с повышенным коэффициентом аномальности,

особенно к газонасыщенному, целесообразно контроль плотности и газосодержания вести непрерывно;

3) перед вскрытием горизонтов с повышенными коэффициентами аномальности заблаговременно увеличивать плотность промывочной жидкости в скважине до уровня, достаточного для поддержания небольшого избытка давления над пластовым, но меньше того, при котором возможно поглощение промывочной жидкости;

4) для вскрытия горизонтов со значительно повышенными коэффициентами аномальности применять промывочные жидкости с малой водоотдачей, возможно малым статическим напряжением сдвига (достаточным, однако, для удержания утяжелителя во взвешенном состоянии), малым динамическим напряжением сдвига и практически нулевым суточным отстоем;

5) тщательно дегазировать промывочную жидкость, выходящую из скважины; в случае значительного увеличения газосодержания целесообразно временно приостановить углубление скважины и, не прекращая промывки, заменить газированную жидкость на свежую с несколько повышенной плотностью;

6) тщательно следить за тем, чтобы в дегазаторах практически полностью удалялся из промывочной жидкости пластовый газ; если дегазация неполная, отрегулировать режим работы дегазаторов и при необходимости установить дополнительный дегазатор в очистной системе;

7) если при разбуривании газоносного объекта и нормальной дегазации промывочной жидкости газосодержание в выходящем из скважины потоке опасно велико, уменьшить механическую скорость проходки до уровня, при котором опасность выброса будет практически исключена;

8) иметь на буровой запас промывочной жидкости того качества, которое требуется для вскрытия горизонта с повышенным коэффициентом аномальности, в количестве не менее двух-трех объемов скважины;

9) при подъеме колонны труб доливать в скважину промывочную жидкость с таким расчетом, чтобы уровень ее всегда находился у устья;

10) в составе бурильной колонны иметь обратный клапан или над вертлюгом — шаровой кран высокого давления;

11) не допускать длительных простоев скважины без промывки.

12) при каждой промывке восстанавливать циркуляцию целесообразно при закрытом превенторе на устье.

Открывать превентор можно лишь после того, как вся газированная жидкость вышла из скважины и избыточное давление на выходе из последней снизилось до атмосферного.

#### **6.4. Законодательное регулирование проектных решений**

Нефтяные и газовые скважины, как и любой предмет человеческой деятельности, несет негативный вред на окружающую среду. И кроме правил и норм эксплуатации скважин, для снижения воздействий на экологию, органами государственной власти приняты ряд законов, регулирующих деятельность нефтеперекачивающих компаний и обслуживающих организаций.

Точно так же, с законодательной стороны регулируются и действия организаций в случае чрезвычайных ситуаций. В основу управления положен закон РФ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [9].

Чрезвычайная ситуация - это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Целями настоящего Федерального закона являются:

- предупреждение возникновения и развития чрезвычайных ситуаций;
- снижение размеров ущерба и потерь от чрезвычайных ситуаций;
- ликвидация чрезвычайных ситуаций;
- разграничение полномочий в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций между федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления и организациями.

Основными задачами единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций являются:

- разработка и реализация правовых и экономических норм по обеспечению защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций;

- осуществление целевых и научно-технических программ, направленных на предупреждение чрезвычайных ситуаций и повышение устойчивости функционирования организаций, а также объектов социального назначения в чрезвычайных ситуациях;
- обеспечение готовности к действиям органов управления, сил и средств, предназначенных и выделяемых для предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- сбор, обработка, обмен и выдача информации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций;
- подготовка населения к действиям в чрезвычайных ситуациях, в том числе организация разъяснительной и профилактической работы среди населения в целях предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций;
- организация оповещения населения о чрезвычайных ситуациях и информирования населения о чрезвычайных ситуациях, в том числе экстренного оповещения населения;
- прогнозирование угрозы возникновения чрезвычайных ситуаций, оценка социально-экономических последствий чрезвычайных ситуаций;
- создание резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- осуществление государственной экспертизы, государственного надзора в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций;
- ликвидация чрезвычайных ситуаций;
- осуществление мероприятий по социальной защите населения, пострадавшего от чрезвычайных ситуаций, проведение гуманитарных акций;
- реализация прав и обязанностей населения в области защиты от чрезвычайных ситуаций, а также лиц, непосредственно участвующих в их ликвидации;
- международное сотрудничество в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

## Заключение

Геолого-технические мероприятия являются эффективным методом воздействия на пласт, а ГРП позволяет значительно увеличивать продуктивность или приемистость скважин, поэтому комплексный подход и контроль на всех стадиях проведения ГРП может дать однозначную оценку эффективности и необходимости проведения данного метода на месторождения компании.

Результаты проведения гидравлического разрыва пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> месторождения S показывают целесообразность и эффективность использования операций ГРП в чисто нефтяной зоне (ЧНЗ) объекта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> (при соблюдении условия согласного перекрытия с ЧНЗ объекта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>). В то время как в переходной краевой зоне пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> эффективность проведения ГРП значительно ниже, и, следовательно, необходимо рассмотрение альтернативных технологий по стимулированию добываемой продукции (физические или химические методы, или вообще изменение плана бурения с целью использования горизонтальное заканчивание скважин, что в свою очередь может обеспечить значительную эффективность разработки данных зон). В ближайшей краткосрочной перспективе на месторождении заложено бурение скважин чисто нефтяной зоне нижележащего пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>, что даст время на выработку оптимальной стратегии разработки, разбуривания и эксплуатации данных переходных краевых зон. Ввиду низкой продуктивности скважин пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> необходимо дополнительно проведение апробации технологии на данных скважинах на участках с высоким пластовым давлением.

### **Список использованной литературы:**

1. Каневская Р. Д. “Математическое моделирование разработки месторождений нефти и газа с применением гидравлического разрыва пласта”, Москва, ООО "Недра-Бизнесцентр", 1999
2. Economides, M. J., Oligney, R. E. and Valko, P.P. “Unified fracture design”, Orsa Press, Houston, 2002
3. Economides, M. J., Hill D. A., Ehlig-Economides, C., “Petroleum production systems”, Prentice Hall PTR, New Jersey, 1994
4. Earlougher, R. Jr., “Advances in well test analysis”, monograph, New York-Dallas, 1977
5. Economides, M. J., Nolte, K. G., “Reservoir stimulation”, John Wiley&Sons Ltd, 2000
6. Мак Д., статья “Большие дебиты после эффективного ГПП в России. Методология и процедура проведения расчёта при моделировании характеристик притока скважин после ГПП”
7. Warenbourg, P.A., et al.: “Fracture Stimulation Design and Evaluation”, paper SPE 14379, 1985.
8. Britt, L.K.: “Optimized Oilwell Fracturing of Moderate Permability Reservoirs”, paper SPE 14731, 1985.
9. Meng, H.Z.: “Coupling of Production Forecasting, Fracture Geometry Requirements and Treatment Scheduling in the Optimum Fracture Design”, paper SPE/DOE 16435, 1987.
10. Balen, R.M., Meng, H.Z., Economides, M.J.: “Application of the Net Present Value (NPV) in the Optimization of Hydraulic Fractures”, paper SPE 18541, 1991.
11. McGowen, J.M. Sikora, V.J.: “The Effect of Vertical Fractures on Well Productivity”, JPT (October), p. 72, 1960.
12. Parts, M.: “Effect of Vertical Fractures on Reservoir Behavior – Incompressible Fluid Case”, SPEJ (June), 105 – 118, Trans. AIME 222, 1961.

13. Gringarten, A.C., and Ramey, A.J.: “Unsteady State Pressure Distributions Created by a Well with a Single-Infinite Conductivity Vertical Fracture”, SPEJ (August), 347-360, 1974.