TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY | ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Анализ технологий проведения кислотной обработки призабойной зоны скважин на нефтяных месторождениях

УДК 622.245.544:622.276

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б7Г	Петров Айаал Егорович		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дукарт Сергей Александрович	к.и.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Фех Алина Ильдаровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2021 г.

Планируемые результаты обучения

Код	Результат освоения ООП	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Р1	Применять базовые естественнонаучные, социально-экономические, правовые и специальные знания в области нефтегазового дела, самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	*Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОК(У)-1, ОК(У)-2, ОК(У)-4, ОК(У)-6, ОК(У)-7, ОК(У)-8, ОПК(У)-1,ОПК(У)-2)*
Р2	Решать профессиональные инженерные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	*Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ ОК(У-3), ОК(У)-5, ОК(У)-9, ОПК(У)-5, ОПК(У)-6)*
Р3	Осуществлять и корректировать технологические процессы при эксплуатации и обслуживании оборудования нефтегазовых объектов	*Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ПК(У)-1, ПК(У)-2, ПК(У)-3, ПК(У)-6, ПК(У)-7,ПК(У)-8, ПК(У)-10, ПК(У)-11)*
Р4	Выполнять работы по контролю промышленной безопасности при проведении технологических процессов нефтегазового производства и применять принципы рационального использования природных ресурсов а также защиты окружающей среды в нефтегазовом производстве	*Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, (ПК(У)-4, ПК(У)-5, ПК(У)-9* *ПК(У)-12, ПК(У)-13, ПК(У)-14, ПК(У)-15)*
Р5	Получать, систематизировать необходимые данные и проводить эксперименты с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий для решения расчетно-аналитических задач в области нефтегазового дела	*Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ* *(ОПК(У)-4, ПК (У)-23, ПК (У)-24)*
Р6	Использовать стандартные программные средства для составления проектной и рабочей и технологической документации в области нефтегазового дела	*Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ ОК(У)-4, ОПК(У)-3, ОПК(У)-5, ОПК(У)-6, ПК(У)-25, ПК(У)-26)*
Р7	Работать эффективно в качестве члена и руководителя команды, формировать задания и оперативные планы, распределять обязанности членов команды, нести ответственность за результаты работы при разработке и эксплуатации месторождений	*Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК(У)-4, ПК(У)-9, ПК(У)-14),* *требования профессионального стандарта* *19.021 Специалист по промысловой геологии*
Р8	Управлять технологическими процессами, обслуживать оборудование, использовать любой имеющийся арсенал технических средств, обеспечивать высокую эффективность при разработке и реализации проектов нефтегазовых объектов	*Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК(У)-5, ОПК(У)-6, ПК(У)-9, ПК(У)-11), требования профессионального стандарта 19.007 Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата*
Р9	Повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности на опасных производственных объектах, соблюдать правила охраны труда и промышленной безопасности, выполнять требования по защите окружающей среды	*Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК(У)-6, ОПК(У)-7, ПК(У)-4, ПК(У)-7, ПК(У)-13), требования профессионального стандарта 19.007 Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата, 19.021 Специалист по промысловой геологии.*

TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ _____ Максимова Ю.А.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Б7Г	Петрову Айаалу Егоровичу

Тема работы:

Анализ технологий проведения кислотной обработки призабойной зоны скважин на нефтяных месторождениях	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	30.03.21 №89-13/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	21.06.2021

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Тексты и графические материалы отчетов и исследовательских работ, фондовая и научная литература, технологические регламенты, нормативные документы.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1) Теоретический обзор технологий кислотной обработки призабойной зоны пласта; 2) Обзор применения кислотной обработки на нефтяных месторождениях России и анализ результатов; 3) Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 4) Социальная ответственность при проведении кислотной обработки.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент, к.и.н. Дукарт Сергей Александрович
Социальная ответственность	Старший преподаватель Фех Алина Ильдаровна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Кислотная обработка призабойной зоны пласта	
Анализ эффективности кислотных обработок на нефтяных месторождениях	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
Социальная ответственность	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	31.03.2021

Задание выдал руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Пулькина Наталья Эдуардовна			31.03.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б7Г	Петров Айаал Егорович		31.03.2021

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 86 страниц, 18 рисунков, 32 таблицы, 34 источника.

Ключевые слова: кислотная обработка, призабойная зона пласта, проницаемость, обработка призабойной зоны, соляная кислота, глинокислота.

Объектом исследования являются технологии кислотной обработки, применяемые на нефтяных месторождениях.

Целью работы является анализ эффективности применения технологий кислотной обработки на нефтяных месторождениях.

Методы исследования: анализ теоретических материалов, измерение и сравнение результатов обработок.

В ходе исследования был проведен теоретический обзор существующих технологий кислотной обработки, применений кислотного воздействия на отечественных нефтяных месторождениях, анализ результатов проведенных обработок.

По итогам анализа результатов были выработаны рекомендации по проведению кислотной обработки на рассмотренных месторождениях.

Область применения: добывающие и нагнетательные скважины нефтяных месторождений России.

Финансовая часть включает в себя анализ ресурсоэффективности и ресурсосбережения при проведении кислотной обработки, подсчет и сравнение прибыли полученной от реализации дополнительной нефти. В социальной части проведен анализ возможных в ходе кислотной обработки чрезвычайных ситуаций, правовых и организационных вопросов обеспечения безопасности, мер по снижению воздействия опасных и вредных производственных факторов.

Обозначения, определения и сокращения

АДС – аккумулятор давления скважины

АСПО – асфальтосмолопарафиновые отложения

БРГ – блок распределения газа

ГДИС – гидродинамические исследования скважин

ГИС – геофизические исследования скважин

ГРП – гидравлический разрыв пласта

КО – кислотная обработка

НКТ – насосно-компрессорные трубы

ОПЗ – обработка призабойной зоны

ПАВ – поверхностно-активные вещества

ПДВ – предельно-допустимый выброс

ПДК – предельно-допустимая концентрация

ПДС – предельно-допустимый сброс

ПЗП – призабойная зона пласта

ПКЭ – пенокислотная эмульсия

ПП – повторная перфорация

СИЗ – средства индивидуальной защиты

ТГХВ – термогазохимическое воздействие

ТХВ – термохимическое воздействие

ФЕС – фильтрационно-емкостные свойства

ЧС – чрезвычайная ситуация

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 10

1 КИСЛОТНАЯ ОБРАБОТКА ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ ПЛАСТА 11

1.1 Основные сведения о процессе кислотной обработки 11

1.2 Виды кислотных обработок 12

1.3 Технология проведения кислотных обработок 16

1.3.1 Технология установки кислотной ванны 16

1.3.2 Технология проведения простой кислотной обработки 17

1.3.3 Технология проведения кислотной обработки под давлением 20

1.3.4 Технология поинтервальной кислотной обработки 21

1.3.5 Технология термокислотной обработки 22

1.3.6 Технология термогазохимического воздействия 23

1.3.7 Технология пенокислотной обработки 24

1.3.8 Технология кислотоструйной обработки 26

1.3.9 Технология гидроимпульсной обработки 27

1.4 Кислотная обработка в карбонатных коллекторах 27

1.5 Кислотная обработка в терригенных коллекторах 29

1.6 Зависимость скорости реакции кислоты от величины температуры и давления 33

1.7 Химические присадки в составе кислотных растворов 34

2 АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КИСЛОТНЫХ ОБРАБОТОК НА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ 36

2.1 Восточно-Сургутское нефтяное месторождение 36

2.2 Абдрахмановская площадь Ромашкинского нефтяного месторождения .. 36

2.3 Петропавловское нефтяное месторождение 38
2.4 Нагнетательные скважины месторождений ОАО «Татнефть» подверженные отложениям АСПО и продуктов коррозии в ПЗП..... 40
2.5 Анализ результатов кислотных обработок..... 42
3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ..... 44
3.1 Введение к разделу 44
3.2 Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения мероприятия с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 44
3.2.1 Потенциальные потребители результатов работ..... 44
3.2.2 Анализ конкурентных решений 45
3.2.3 SWOT-анализ 46
3.2.4 Определение возможных альтернатив проведения КО 47
3.3 Планирование и формирование бюджета мероприятия 48
3.3.1 Структура работ в рамках мероприятия..... 48
3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ и построение графика проведения мероприятия..... 48
3.3.3 Бюджет мероприятия..... 51
3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности мероприятия..... 55
3.5 Выводы к разделу..... 58
4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ..... 61
4.1 Введение к разделу 61
4.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности 61
4.3 Производственная безопасность 64

4.3.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов..... 64
4.3.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия опасных и вредных факторов на работающего 68
4.4 Экологическая безопасность..... 69
4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях 70
4.6 Выводы к разделу..... 71
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 73
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 75

ВВЕДЕНИЕ

В процессе эксплуатации скважины может возникнуть проблема уменьшения дебита в результате снижения проницаемости призабойной зоны пласта вследствие засорения выпавшими солями, набухшими частицами породы и прочими негативно влияющими частицами. Также может появиться необходимость улучшения проницаемости пласта, изначально обладающего плохими фильтрационными характеристиками. Для решения этих проблем применяются кислотные обработки.

Благодаря эффективности и относительно невысоких затратах на проведение, кислотная обработка является важным инструментом в нефтегазовой отрасли без которого решение вышеописанных проблем невозможно. Эффективность обеспечивается только в случае обоснованности выбора технологии и кислоты воздействия из чего складывается необходимость получения этой аргументации, в этом заключается актуальность данной работы.

Если же проведение кислотного воздействия при условии геолого-технической обоснованности рационально с точки зрения коммерческой составляющей, то экологическая и социальная аспекты вопроса требуют соблюдения существующих и разработки новых мер защиты.

Объектом исследования являются технологии кислотной обработки призабойной зоны скважин, применяемые на нефтяных месторождениях.

Целью настоящей работы является анализ эффективности технологий кислотной обработки применяемых на нефтяных месторождениях. Для достижения поставленной цели выделены следующие задачи:

- проведение теоретического обзора существующих технологий кислотной обработки;
- проведение обзора применения кислотного воздействия на отечественных нефтяных месторождениях и анализ результатов проведенных обработок.

1 КИСЛОТНАЯ ОБРАБОТКА ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ ПЛАСТА

1.1 Основные сведения о процессе кислотной обработки

Кислотная обработка – это метод увеличения нефтеотдачи заключающийся в закачке кислотного раствора определенного состава в призабойную зону пласта, где кислотный раствор вступает в реакцию с породами или продуктами загрязнения и увеличивает/восстанавливает проницаемость. Таким образом кислотная обработка применяется для двух целей:

1) восстановление проницаемости призабойной зоны путем удаления загрязнений из пустотного пространства коллекторов;
2) увеличение проницаемости призабойной зоны путем увеличения пор, каналов, трещин.

Выбор состава кислотного раствора зависит от того какими породами сложен продуктивный пласт, в котором будет применена кислотная композиция. Так, коллекторы могут быть сложены карбонатными или терригенными породами, что определяется из анализа образцов породы.

Также на выбор кислотной композиции и вид кислотной обработки влияет тип загрязнений. Загрязнениями являются выпавшие парафины, смолы, соли, частицы пород и цемента и т. д.

С учетом вышеописанных условий и целей обработки применяется соляная, плавиковая, муравьиная, уксусная кислоты, глинокислота (смесь соляной и плавиковой). Так или иначе, основной используемой кислотой является соляная, что объясняется ее дешевизной. Но, компании-производители предлагают различные сложные композиции кислотных систем, кроме того в каждом конкретном случае подход к проектированию обработки редко бывает идентичным. В состав могут быть включены различные присадки, такие как ингибиторы коррозии или ПАВ [1]. Сервисные компании предлагают различные инженерные решения по контролю и проведению обработок.

Важным пунктом является исправность подвергаемой обработке скважины: герметичность эксплуатационной колонны и цементного кольца

должна быть подтверждена исследованиями, арматура скважин должна быть исправна [2].

1.2 Виды кислотных обработок

Различают следующие виды кислотных обработок:

- Кислотная ванна
- Простая кислотная обработка
- Кислотная обработка под давлением
- Поинтервальная кислотная обработка
- Термокислотная обработка
- Термогазохимическое воздействие
- Пенокислотная обработка
- Кислотоструйная обработка
- Гидроимпульсная обработка

Кислотная ванна предназначена для очистки ПЗП с открытым забоем после бурения, цементирования или в процессе вызова притока. Такой вид обработки применяется для удаления частиц цемента, глинистой корки (образовавшийся на стенках скважины слой из твердых частиц бурового раствора) [3].

Простая кислотная обработка представляет из себя процесс закачки кислотного раствора в пласт на некоторое расстояние с целью расширения каналов и трещин. Расширение размеров каналов и трещин в свою очередь проводится для повышения проницаемости пласта.

Кислотная обработка под давлением отличается от простой тем, что проводится воздействие на малопроницаемые интервалы пласта. Это осуществляется с помощью закупорки хорошо проницаемых интервалов нефтекислотной эмульсией (типа кислота в нефти) или их изолирования при

помощи разбуриваемого пакера (ПРС). Выбор подхода обосновывается по результатам ГДИС [4].

Поинтервальная кислотная обработка предназначена для воздействия на определенный пласт, который может быть выделен пакерами и высоковязкой (пакерующей жидкостью) [5]. Необходимость воздействия именно на определенный пласт может быть обусловлена отличной от соседнего пласта проницаемостью и, следовательно, подобранной конкретно к этому участку кислотной композицией.

Термокислотная обработка. Под термокислотной обработкой принято понимать совокупность двух процедур: термохимическое воздействие (ТХВ) и последующая обработка простая или под давлением. ТХВ необходимо для растворения асфальто-смоло-парафиновых отложений, загрязнений после бурения. Суть ТХВ заключается в нагреве кислоты в результате реакции этой кислоты с магнием до температуры (90-100 °С), позволяющей удалить загрязнения с забоя и ПЗП [4].

Термогазохимическое воздействие заключается в сгорании порохового заряда и создании высокого давления или температуры на забое скважины в зависимости от скорости сгорания. При быстром сгорании возникает давление до 100 Мпа, что может сработать как гидроразрыв при поджоге заряда в жидкой среде. При медленном сгорании выделяется большое количество тепла и газов горения определенным образом воздействующих на пласт [3].

Пенокислотная обработка применяется для обработки удаленных участков пласта. Это достигается за счет использования кислотных пен, которые обладают меньшей скоростью нейтрализации кислоты при контакте с карбонатной породой чем традиционные кислотные растворы. Кислотная пена – это газированный с применением ПАВ и стабилизаторов раствор кислоты, что значит наличие пузырьков газа в этом растворе [4].

Кислотоструйная обработка заключается в воздействии на забой и стенки скважины струей раствора кислоты. Следовательно, в данном виде обработки воздействие обусловлено активностью самой кислоты и

высокоскоростной струей. Кислотоструйная обработка ведется при помощи кислотных гидромониторов или пескоструйных перфораторов с насадками для струи [6].

Гидроимпульсная обработка заключается в воздействии на ПЗП серией гидравлических импульсов. В скважину под давлением закачивается жидкость, которая раскрывает или создает новые трещины после чего давление резко сбрасывается и жидкость выносит в скважину загрязнения из ПЗП.

В таблице 1 описаны условия целесообразности применения этих видов кислотной обработки.

Таблица 1 – Условия применимости видов кислотной обработки

Вид КО	Цели обработки	Примечания
Кислотная ванна	Очистка стенок скважины и забоя от частиц глинистой корки, цемента, солей, продуктов коррозии, АСПО.	Применяется в основном в скважинах с открытым стволом.
Простая кислотная обработка	Очистка ПЗП от солей, продуктов коррозии, АСПО. Растворение карбонатов, силикатов и алюмосиликатов.	–
Кислотная обработка под давлением	Воздействие на малопроницаемые интервалы пласта. Растворение карбонатов, силикатов и алюмосиликатов.	Применяется при более высоких температурах и малых давлениях не позволяющих достичь необходимого охвата ПЗП.
Поинтервальная кислотная обработка	Воздействие на определенные пласты. Растворение карбонатов, силикатов и алюмосиликатов.	Применяется на многопластовых месторождениях.
Термокислотная обработка	Интенсивное растворение АСПО, частиц глинистой корки, цемента, солей, продуктов коррозии. Последующее воздействие на ПЗП, растворение карбонатов, силикатов и алюмосиликатов.	Применяется на низкотемпературных месторождениях (15-40 °С) Рекомендуется применять в скважинах с открытым стволом.
Термогазохимическое воздействие	Растворение АСПО, частиц глинистой корки, цемента, солей, продуктов коррозии. Растворение карбонатов, силикатов и алюмосиликатов	Применяется в скважинах с высоким пластовым давлением в насыщенных коллекторах

Пенокислотная обработка	Увеличение охвата пласта воздействием кислоты Растворение карбонатов, силикатов и алюмосиликатов.	Часто применяется при неудовлетворительном результате простых КО. Применяется при более высоких температурах и малых давлениях не позволяющих достичь необходимого охвата ПЗП.
Кислотоструйная обработка	Очистка стенок скважины и забоя от частиц глинистой корки, цемента, коррозии. Образование каналов растворения в карбонатной породе.	Применяется в основном в скважинах с открытым стволом.
Гидроимпульсная обработка	Увеличение охвата пласта воздействием кислоты.	–

Выбор технологии и жидкостей воздействия зависит от минерального состава коллектора, на который нацелено воздействие; текущей проницаемости; причин снижения продуктивности; характера залегания обрабатываемых пластов; глубины и температуры пласта; технических и экономических возможностей внедрения мероприятия и других причин.

Как уже было отмечено, целью кислотного воздействия на ПЗП является восстановление проницаемости или ее увеличение. Таким образом, в случае неэффективности обработки, проведенной по одной технологии, осуществляется следующая по другой обоснованной программе. Например, если проведенная обработка по технологии кислотной ванны не принесла удовлетворительного результата, то следующей проводится простая кислотная обработка. Обычно на отдельно взятом месторождении исходя из истории проведенных операций известна эффективная именно на этом месторождении технология или программа технологий.

1.3 Технология проведения кислотных обработок

1.3.1 Технология установки кислотной ванны

Перед установкой кислотной ванны необходимо предварительно удалить основное загрязнение механическими способами или промывкой.

Процесс установки осуществляется следующим образом. НКТ спускают до забоя и поддерживают циркуляцию воды или нефти до перелива из затрубного пространства (рисунок 1, а). Затем в НКТ закачивают раствор кислоты (рисунок 1, б) и сразу продавочную жидкость (рисунок 1, в) в объеме равном объему НКТ. После этого закрывают задвижки и оставляют скважину на реагирование на 16-24 часа (рисунок 1, г). Точное время нейтрализации раствора определяется на каждом месторождении эмпирическими исследованиями. После нейтрализации раствора, продукты реакции удаляются промывкой [4].

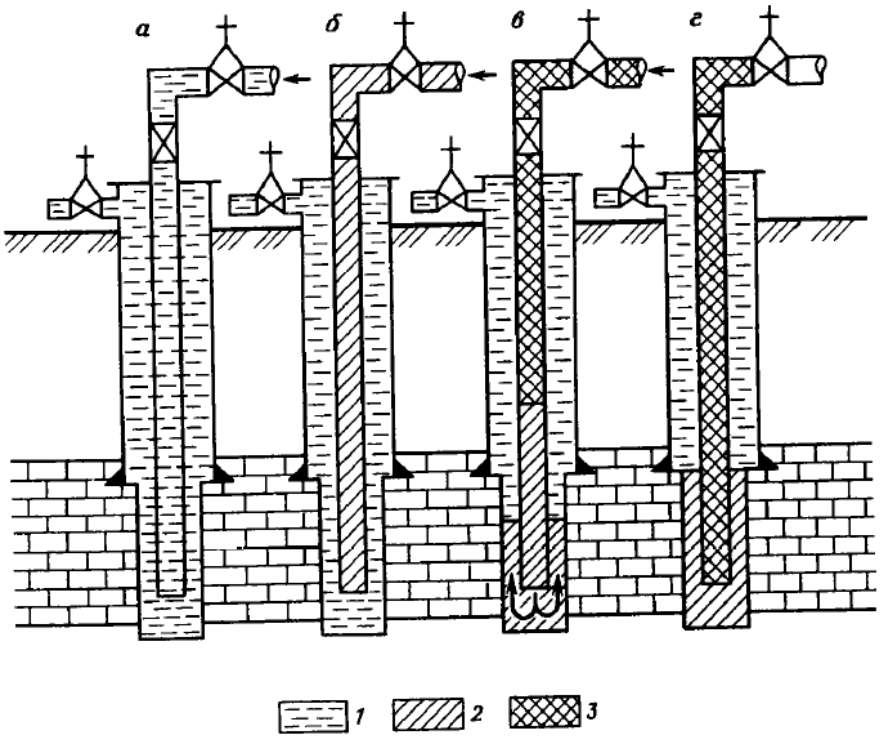

Рисунок 1 – Схема установления кислотной ванны (а-г):

1 – вода, 2 – кислотный раствор, 3 – продавочная жидкость [4]

На рисунке 2 отображена примерная схема обвязки наземного оборудования при установке кислотной ванны.

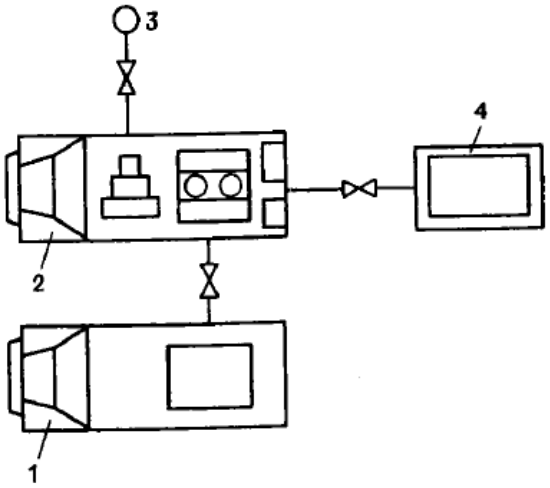

Рисунок 2 – Схема обвязки наземного оборудования при установке кислотной ванны:

1 – кислотовоз, 2 – установка насосная, 3 – скважина, 4 – резервуар с продавочной жидкостью [4]

1.3.2 Технология проведения простой кислотной обработки

Перед проведением простой КО также необходимо удалить основную часть загрязнений. Различают две основные технологии простой обработки: контролируемая и неконтролируемая [7].

При контролируемой обработке порядок следующий. Через НКТ в скважину закачивают нефть (воду для водонагнетательной скважины) и поддерживают циркуляцию до перелива из затрубного пространства (рисунок 2, а). Затем закачивают раствор кислоты в объеме НКТ и затрубного пространства от нижнего конца НКТ до верхней границы обрабатываемого пласта (рисунок 2, б). Затем закрывают затрубное пространство и закачивают продавочную жидкость под давлением 8-10 МПа в объеме необходимом для продавки раствора в пласт (рисунок 2, в). Устье закрывается и скважина остается на реагирование (рисунок 2, г) [4].

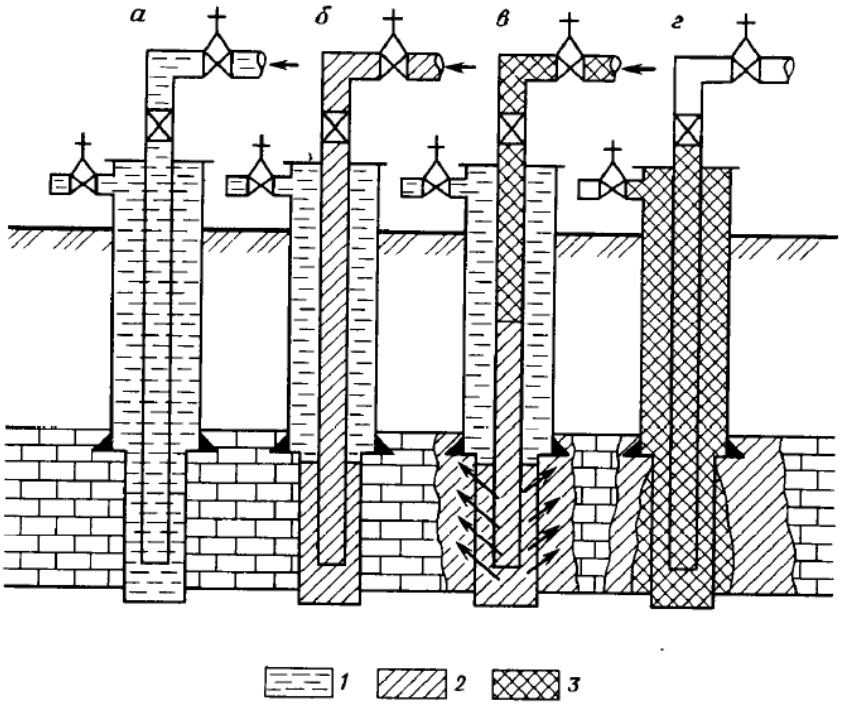

Рисунок 3 – Схема проведения простой контролируемой кислотной обработки (а-г):

1 – вода, 2 – кислотный раствор, 3 – продавочная жидкость [4]

При неконтролируемой обработке, показанной на рисунке 4, порядок следующий. В первую очередь необходимо удалить жидкость из скважины при помощи процесса свабирования. Затем, происходит закачка кислотного раствора в скважину по НКТ или эксплуатационной колонне. Сразу после кислоты закачивается продавочная жидкость в объеме достаточном для продавки всей композиции в пласт.

Несмотря на экономичность и быстроту, технология обладает в существенным в некоторых случаях недостатком. Недостатком метода является отсутствие контроля над направлением проникновения кислотного раствора, которая может быть потеряна на непродуктивной зоне [7].

Рисунок 4 – Схема проведения простой неконтролируемой кислотной обработки [7]

Продавка раствора в пласт может быть неполной, часть объема композиции может быть оставлена в качестве кислотной ванны. В этом случае объем продавочной жидкости соответственно меньше, чем в описанных вариантах.

Время нейтрализации составляет 1-24 часа в зависимости от температуры на забое и степени предварительной очистки. После нейтрализации производится вызов притока (промывка для водонагнетательных скважин) [3].

На рисунке 5 отображена примерная схема обвязки наземного оборудования при простой кислотной обработке.

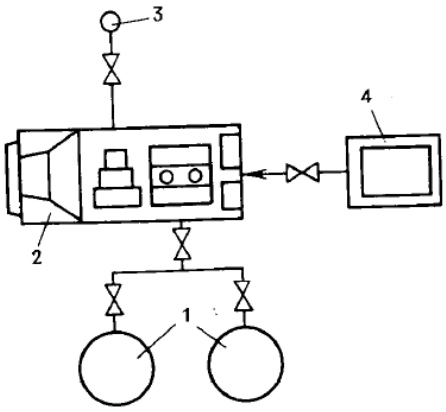

Рисунок 5 – Схема обвязки наземного оборудования при простой кислотной обработке:

1 – резервуар с раствором кислоты, 2 – установка насосная, 3 – скважина, 4 – резервуар с продавочной жидкостью [4]

1.3.3 Технология проведения кислотной обработки под давлением

Перед проведением данного вида обработки скважину необходимо подготовить обычным образом. Затем в скважину на НКТ спускают пакер с якорем, что необходимо для защиты обсадной колонны от высокого давления закачки раствора. После этого начинают производить закачку эмульсии в объеме НКТ и подпакерного пространства. Пакер с якорем приводится в действие и продолжается закачка эмульсии под меньшим давлением. Затем в скважину подают кислотный раствор в объеме НКТ и сразу за ней продавочная жидкость в объеме НКТ и подпакерного пространства. Закрывается запорная арматура [8]. Через 3-4 часа следует открыть затрубное пространство для сброса давления и продавочной жидкости. При отсутствии давления, продавочную жидкость извлекают при помощи глубинного насоса. После откачки всего объема продавочной жидкости проводятся мероприятия по вызову притока аналогично технологии простой кислотной обработки [4].

1.3.4 Технология поинтервальной кислотной обработки

Поинтервальная обработка проводится следующим образом. Предварительно перед обработкой оценивается продуктивность и расстояние между пластами. Расстояние между пластами определяет используемую технологию разобщения пластов.

В случае если расстояния между пластами сильно разнятся, то в скважину через лифтовую трубу на гибкой трубе с пружинным центратором спускают надувную пакер-пробку (рисунок 6, а). Пакер устанавливается на 1-2 метра ниже подошвы нижнего пласта и пакеруется за счет повышения давления. После этого гибкая труба извлекается на поверхность и спускается вместе с надувным пакером, который пакеруется на 1-2 метра выше кровли нижнего пласта. Затем проводится обработка выделенного пласта. По завершении ОПЗ надувной пакер распакеровывается и извлекается с гибкой трубой. Спускается ловитель и соединяется с распакерованным пакером-пробкой. Пакер-пробка перемещается вверх для обработки выше залегающего пласта и процедура повторяется.

В случае если расстояния между пластами различаются незначительно, то через лифтовую трубу спускают компоновку из гибкой трубы с пружинным центратором, верхний надувной пакер, патрубок со сквозными отверстиями и обратными клапанами, нижний надувной пакер до глубины нижнего из пластов на которые нацелено воздействие (рисунок 6, б). Производится пакеровка за счет повышения давления и затем проводится ОПЗ. По окончании ОПЗ производится распакеровка и на гибкой трубе компоновка поднимается до верхнего пласта и процедура повторяется [9].

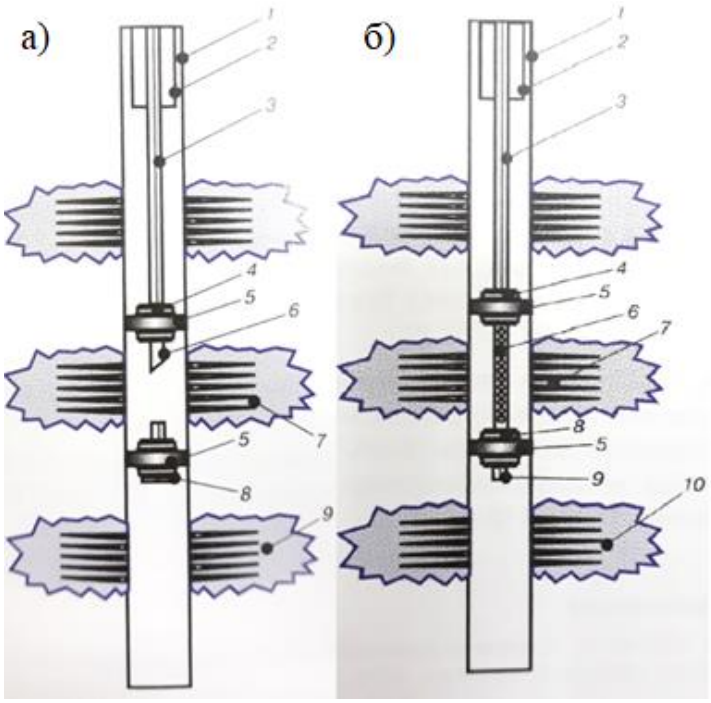

Рисунок 6 – Схема проведения поинтервальной обработки при помощи (а) раздельно и (б) совместно спущенных пакеров [9]

1.3.5 Технология термокислотной обработки

Перед проведением термокислотной обработки необходимо привычным способом подготовить скважину к воздействию. Технология разделена на две части. В период первой части, в скважину спускают НКТ со специальным скважинным реактором (рисунок 7) и закачивают раствор соляной кислоты. В результате первого этапа обработки за счет выделения теплоты из реакции соляной кислоты и магния расплавляются АСПО в ПЗП. После завершения первой части обработки, проводится обработка простая либо под давлением.

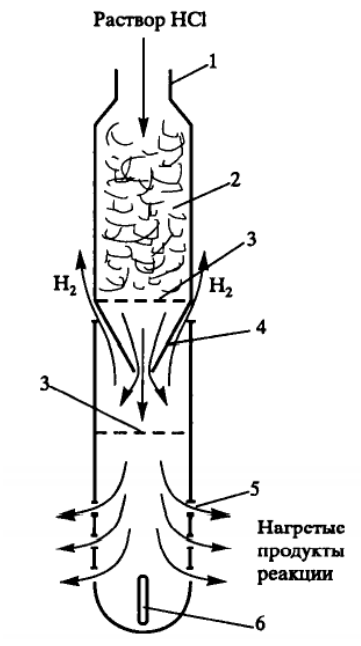

Рисунок 7 – Схема скважинного реактора:

1 – резьба для соединения с НКТ; 2 – камера для загрузки металлического магния; 3 – решетка; 4 – конус; 5 – отверстие для выхода нагретых жидких продуктов реакции; 6 – максимальный термометр [3]

1.3.6 Технология термогазохимического воздействия

ТГХВ осуществляется при помощи аккумуляторов давления скважины АДС (рисунок 8). ТГХВ может проводиться с целью прогрева или разрыва пласта. В зависимости от поставленной цели применяется определенный тип АДС. Принципиальное отличие различных АДС заключается в обеспечении разной скорости горения порохового заряда.

Технология заключается в спуске в скважину заполненной жидкостью АДС на электрокабеле. Пороховой заряд приводится в действие подачей напряжения по кабелю. В случае разрыва пласта, создаваемое давление срабатывает аналогично ГРП только без использования проппанта. В случае прогрева пласта, скважинная жидкость нагревается вплоть до 350 °С и продавливается на некоторое расстояние в пласт. Целесообразно вместо скважинной жидкости использовать раствор кислоты. Тем не менее даже без

использования заготовленной кислоты за счет газов горения (хлористый водород) образуется раствор соляной кислоты с концентрацией до 5% [10].

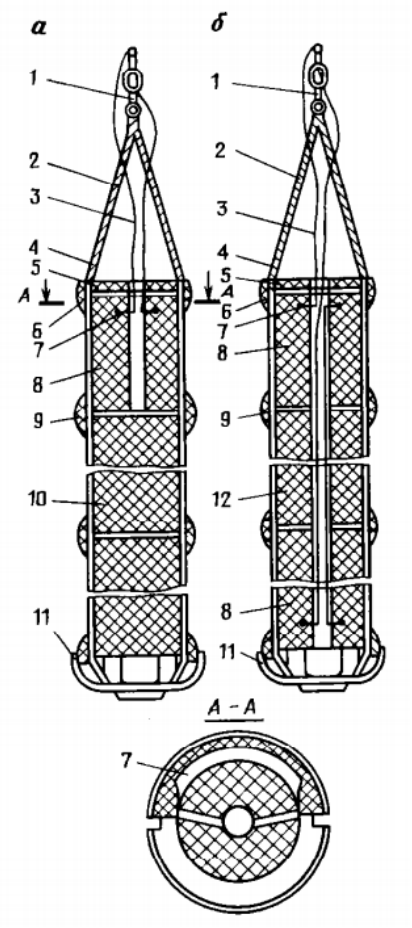

Рисунок 8 – Схема АДС-5 (а) и АДС-6 (б):

1 – скоба; 2 – канат; 3 – провод; 4 – проволока; 5 – крышка; 6 – обойма; 7 – спираль накаливания; 8 – воспламеняющий пороховой заряд; 9 – втулка; 10 – пороховой заряд; 11 – поддон; 12 – сгорающий пороховой заряд [4]

1.3.7 Технология пенокислотной обработки

Технология данного вида обработки следующая. В первую очередь скважина подготавливается привычным способом. После обвязки и опрессовки наземного оборудования согласно рисунку 9, приготовить в емкости (12) пенокислотную эмульсию. Далее производится закачка ПКЭ в НКТ через эжектор (10). На следующем шаге необходимо продавить ПКЭ. Скважина

выдерживается расчетное время (около 12 часов) затем производится вызов притока, и скважина пускается в эксплуатацию [11].

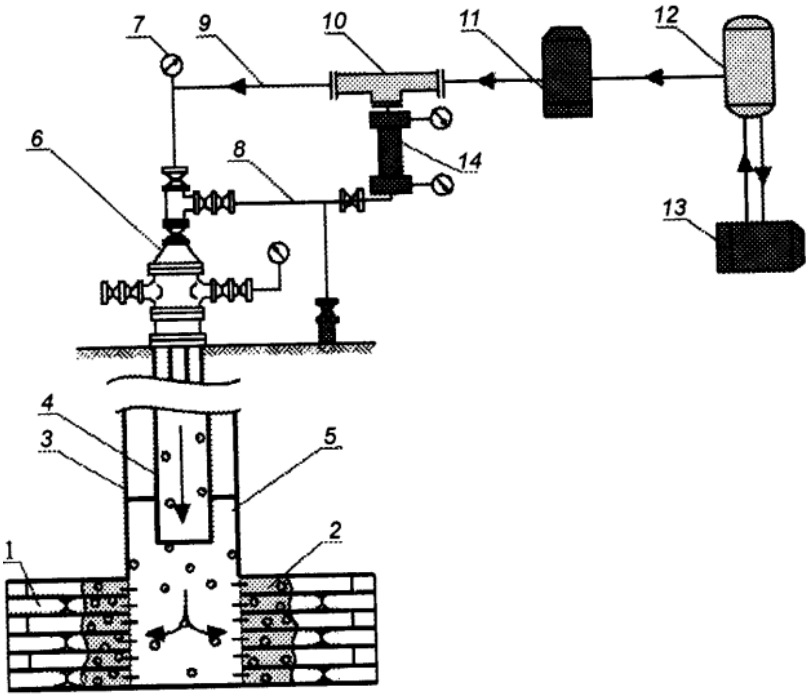

Рисунок 9 – Схема обвязки наземного оборудования при пенокислотной обработке:

1 – пласта; 2 – ПЗП; 3 – скважина; 4 – НКТ; 5 – пакер; 6 – ФА; 7 – манометр; 8 – шлейф; 9 – нагнетательная линия; 10 – эжектор; 11 – насосный агрегат; 12 – емкость; 13 – насосный агрегат; 14 – БРГ [11]

Эжектор (рисунок 10) предназначен для приготовления непосредственно пены. Раствор кислоты под давлением 15-18 МПа подается в сопло (4) и затем в камеру смешения (6) со скоростью 100-230 м/с, за счет чего создается разряжение и происходит подсос воздуха/газа через патрубок (2). В камере происходит смешение раствора и воздуха. Полученная смесь поступает в диффузор (8) [4].

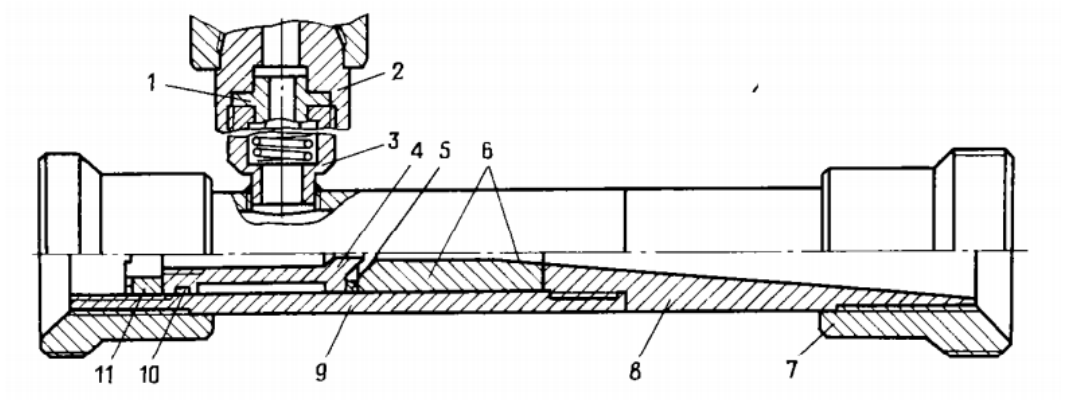

Рисунок 10 – Схема эжекторного смесителя:

1 - гнездо клапана, 2 - патрубок, 3 - корпус клапана, 4 - сопло, 5 - кольцо промежуточное, 6 - камеры смешения, 7 - быстросъемное соединение, 8 - диффузор, 9 - корпус, 10 - уплотнение, 11 - гайка [4]

1.3.8 Технология кислотоструйной обработки

Подготовка скважины к данному методу обработки заключается в подъеме глубинного оборудования и спуске гидромонитора напротив интервала обработки. Для перемещения гидромонитора по интервалу, насосный агрегат соединяется с насосными трубами при помощи гибкого шланга высокого давления.

Часто кислотоструйная обработка применяется перед другими видами кислотного воздействия. В случае если нет такой необходимости, то следует понизить уровень жидкости в скважине до минимума [6].

Рисунок 11 – Гидромонитор ГМ-88 «Москит»:

1 – секция корпуса; 2,5 – сопло-гайка; 3 – втулка; 4,7 – сопло с торцевым уплотнением; 6 – вихревая втулка; 8 – регулирующий узел [12]

1.3.9 Технология гидроимпульсной обработки

При гидроимпульсной обработке в скважину закачивается жидкость под большим давлением при этом в ПЗП образуются трещины и раскрываются существующие. Затем производится разрядка скважины и начинается приток жидкости из трещин с загрязнениями. Таким образом производится несколько циклов гидроимпульсов. Затем выполняется промывка скважины и производится непосредственно гидроимпульсная кислотная обработка при которой закачивается кислотный раствор. Совместно с кислотой может закачиваться нефть или вода для облегчения выноса продуктов реакции.

1.4 Кислотная обработка в карбонатных коллекторах

Карбонатные коллекторы в основном сложены кальцитом ($CaCO_3$), доломитом ($CaMg(CO_3)_2$), сидеритом ($FeCO_3$).

Для обработки карбонатных коллекторов в абсолютном большинстве используется соляная кислота. Реакции карбонатной породы с кислотой проходят по следующим уравнениям:

$$2HCl + CaCO_3 \rightarrow CaCl_2 + CO_2\uparrow + H_2O \quad (1)$$

$$4HCl + CaMg(CO_3)_2 \rightarrow CaCl_2 + MgCl_2 + 2H_2O + 2CO_2\uparrow \quad (2)$$

$$2HCl + FeCO_3 \rightarrow FeCl_2 + H_2O + CO_2\uparrow \quad (3)$$

Образующийся хлористый кальций $CaCl_2$, хлористый магний $MgCl_2$, хлористое железо $FeCl_2$ хорошо растворяются в воде и вымываются из ПЗП [13].

Главное назначение соляной кислоты — это образование каналов растворения карбонатных пород. Также она используется для растворения загрязняющих частиц.

Обычная концентрация раствора соляной кислоты 8-15%. Не рекомендуется повышать концентрацию из-за возможности интенсификации коррозионных процессов и закупорки каналов гипсом.

При выборе концентрации раствора соляной кислоты руководствуются следующим:

- 8-10% если обрабатывается песчаник с карбонатным цементом;
- 10-12% если обрабатывается карбонатная порода с высокой проницаемостью при низком пластовом давлении;
- 12-15% если обрабатывается карбонатная порода с низкой проницаемостью при высоком пластовом давлении [4].

Использование соляной кислоты имеет определенные недостатки. Так, кислота имеет высокую коррозионную активность, может спровоцировать выпадение осадков из пластового флюида, невозможность использования при температурах выше 80 °С без добавки ПАВ (скорость реакции слишком высока). Тем не менее она используется повсеместно благодаря доступности и низкой цене.

Для обработки карбонатных пластов также используется карбоновая кислота:

$$2R\text{-}COOH + CaCO_3 \rightarrow (R\text{-}COO)_2Ca + H_2O + CO_2\uparrow \quad (4)$$

Подобная кислота используется при обработке пластов характеризующихся низкой проницаемостью и высокой температурой. Она в отличие от соляной кислоты обладает более низкой скоростью реакции и, следовательно, более глубоким проникновением в пласт. Также кислота обладает более низкой коррозионной активностью.

Уравнение реакции сульфаминовой кислоты с карбонатной породой:

$$CaCO_3 + 2NH_2SO_3H \rightarrow (NH_2SO_3)_2Ca + H_2O + CO_2\uparrow \quad (5)$$

Сульфаминовая кислота используется для обработки пластов с низкой проницаемостью и низкой температурой. Эта кислота также обладает пониженной скоростью реакции и низкой коррозионной активностью, но также она легко транспортируется (выпускается в виде порошка) [13].

1.5 Кислотная обработка в терригенных коллекторах

Основной целью обработки терригенных коллекторов является растворение кремнистых частиц, которые ограничивают приток и снижают проницаемость ПЗП. Для этой цели в основном используется плавиковая кислота HF [14].

Терригенные коллекторы в основном состоят из песчаников сцементированных глиной. В составе терригенных коллекторов может присутствовать карбонатная составляющая в различной степени выраженности, которая растворяется в ходе реакции с соляной кислотой HCl, поэтому при обработке терригенных коллекторов наряду с плавиковой кислотой применяют глинокислоту (смесь HF и HCl). В таблице 2 приведен минеральный состав типичного терригенного коллектора. Содержание карбонатов в породе определяется как показатель растворимости в соляной кислоте HCl, в примере (таблица 2) он составляет 10%.

Таблица 2 – Минеральный состав типичного терригенного коллектора [15]

Минерал	Концентрация, %	Химическая формула
Кварц	75	SiO_2
Полевой шпат	5	$K_{0,5}Na_{0,5}AlSi_3O_8$
Доломит	5	$CaMg(CO_3)_2$
Сидерит	5	$FeCO_3$
Хлорит	5	$Mg_6Si_4O_{10}(OH)_8$
Иллит	5	KAl3Si3O10(OH)2

Тем не менее в терригенном коллекторе встречается большое количество минералов, основные из которых приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Основные минералы, встречающиеся в терригенном коллекторе [13]

Группа	Минерал	Химический состав
Кварц		SiO_2
Полевые шпаты	Ортоклаз Альбит Плагиоклаз	$KAlSi_3O_8$ $NaAlSi_3O_8$ $(Na,Ca)Al(Si_3,Al)Si_20_8$
Слюды	Биотит Мусковит	$K(Mg,Fe_2^+)_3(Al,Fe_3^+)Si_3O_{10}(OH)_2$ $KAl_2(AlSi_3)O_{10}(OH)_2$

Глины	Каолинит Иллит Смектит Хлорит Монтмориллонит	$Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$ $(H_3,O,K)_y(AI_4Fe_4Mg_4Mg_6)(Si_{8y}Al_y)O_{20}(OH)_4$ $(CaO,5Na)_{0,7}(Al,Mg,Fe)_4(Si,Al)_8O_{20}(OH)_4 \cdot nH_2O$ $(Mg,Fe_2^+,Fe_3^+)AlSi_3O_{10}(OH)_8$ $Al_4Si_8O_{20}(OH)_4$
Карбонат	Кальцит Доломит Анкерит Сидерит	$CaCO_3$ $CaMg(CO_3)_2$ $Ca(Fe,Mg,Mn)(CO_3)_2$ $FeCO_3$
Сульфаты	Гипс Ангидрит	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$ $CaSO_4$
Хлориды	Галит	NaCl
Металлические оксиды	Оксиды железа	FeO Fe_2O_3 Fe_3O_4

В ходе воздействия на терригенный пласт происходят реакции карбонатов с HCl (1, 2, 3) и силикатов с HF. Далее приведены основные реакции HF с силикатами протекающие при обработке терригенного пласта.

Таблица 4 – Основные реакции плавиковой кислоты с силикатами [13]

Кварц: $4HF + SiO_2 \rightarrow SiF_4\uparrow$ (тетрафторид кремния) $+ 2H_2O$ $SiF_4 + 2HF \leftrightarrow H_2SiF_6$ (гексафторкремниевая кислота)
Альбит (натриевый шпат): $NaAlSi_3O_8 + 14HF + 2H^+ \rightarrow Na^+ + AlF_2^+ + 3SiF_4\uparrow + 8H_2O$
Ортоклаз (калиевый шпат): $KAlSi_3O_8 + 14HF + 2H^+ \rightarrow K^+ + AlF_2^+ + 3SiF_4\uparrow + 8H_2O$
Каолинит: $Al_4Si_4O_{10}(OH)_8 + 24HF + 4H^+ \rightarrow 4AlF_2^+ + 4SiF_4\uparrow + 18H_2O$
Монтмориллонит: $Al_4Si_8O_{20}(OH)_4 + 40HF + 4H^+ \rightarrow 4AlF_2^+ + 8SiF_4\uparrow + 24H_2O$

Обработка подобного пласта связана с предельной точностью и соблюдением составленных программ воздействия, так как всегда есть возможность необратимо ухудшить проницаемость ПЗП в связи с выпадением нежелательных твердых веществ в ходе неправильной реакции. В мировой практике обработку терригенного пласта проводят в три этапа.

1) Предварительная обработка осуществляется для растворения минералов, содержащих ионы натрия, калия, кальция которые могут образовать нерастворимые минералы.

2) Основной этап воздействия предназначен для удаления силикатов и оставшиеся после предварительной обработки карбонатные минералы.

3) После основного воздействия вводится этап в ходе которого восстанавливается смачиваемость пород и происходит очистка пласта от продуктов реакции. Для этих задач применяются взаимные растворители, дизельное топливо, хлорид аммония NH_4Cl, уксусная кислота CH_3COOH или HCl [14].

Исследователями были составлены руководства для эффективной обработки терригенного пласта. Один из наиболее полных руководств представлен в таблице 5. Достоверные руководства составлены только для глинокислоты, для остальных таковых нет в силу недостаточности опытных исследований.

Таблица 5 – Руководство по выбору композиции для обработки терригенного коллектора [14]

Свойства и состав породы	**Основная кислота**	**Кислота предварительной обработки**
Растворимость в HCl 15-20%	При возможности не использовать HF, а только HCl	5% NH_4Cl
Кальцит или доломит	Только 15% HCl	5% NH_4Cl + 3% CH_3COOH
Железистые карбонаты	15% HCl (а, б)	
Проницаемость >100 мД (в, г)	12% HCl – 3% HF	15% HCl
Кварц >80%; глины <5%	7,5% HCl – 1,5% HF	10% HCl
Глины 5-8%; полевые шпаты <10%	6,5% HCl – 1% HF	5-10% HCl
Глины >10%	13,5% HCl – 1,5% HF	15% HCl
Полевые шпаты >15%	9% HCl – 1% HF	10% HCl
Полевые шпаты >15%; глина >10%	3% HCl – 0,5% HF	5% HCl
Железистый хлорит >8%	10% CH_3COOH – 0,5% HF	5% NH_4Cl + 10% CH_3COOH
Проницаемость 10-100 мД (в, г)	6% HCl – 1% HF	10% HCl

Глины >5-7%	9% HCl – 1% HF	10% HCl
Глины <5-7%	12% HCl – 1.5% HF	10-15% HCl
Полевые шпаты >10-15%	9% HCl – 1.5% HF	10% HCl
Полевые шпаты >10-15%; глины >10%	3% HCl – 0.5% HF	5% HCl
Железистый хлорит >8%	10% CH_3COOH – 0,5% HF	5% NH_4Cl + 10% CH_3COOH
Железистые карбонаты (>5-7%)	9% HCl – 1% HF	5% HCl
Проницаемость <25 мД	5% HCl – 0,5% HF	10% HCl
Проницаемость 1-10 мД; глины <5%; растворимость HCl <10% (в, г, д)	6% HCl – 1,5% HF	5% HCl
Глины >8-10%	3% HCl – 0,5% HF	5% HCl
Полевые шпаты >10%	9% HCl – 1% HF	10% HCl
Железистый хлорит >5%	10% CH_3COOH – 0,5% HF	5% NH_4Cl + 10% CH_3COOH
Проницаемость <1 мД	HF не использовать, применить другие композиции или ГРП	

Далее приведены примечания к таблице 5:

а) Расположение карбонатов в скелете породы имеет важное значение. Возможно добавление HF в композицию для закачки в естественно образованные трещины высококарбонатных пород.

б) HCl может быть частично заменена на уксусную кислоту (CH_3COOH) или муравьиную (HCOOH), особенно при высокой температуре 120-150 °C.

в) Если в породе присутствуют минералы группы цеолитов (>3%), возможна замена HCl 10% лимонной кислотой ($HOOC\text{-}CH_2\text{-}C(OH)COOH\text{-}CH_2COOH$) или иной органической кислотой подобранной сервисной компанией для конкретного случая.

г) Возможна замена HCl на CH_3COOH или HCOOH при температуре >110-120 °C.

д) Возможно проведение ГРП, но в некоторых случаях породы с низкой проницаемостью и низким содержанием глин могут быть результативно обработаны HF [14].

1.6 Зависимость скорости реакции кислоты от величины температуры и давления

Охват ПЗП кислотным раствором зависит от величины температуры и давления. Для оптимальной обработки эти условия учитываются для вноса коррективов в концентрацию кислотного раствора или в саму технологию воздействия.

При повышении пластовой температуры от 20 до 60 °С, скорость реакции увеличивается в 1,5-8 раз [3] в зависимости от минерального состава породы, при этом она слабо зависит от концентрации раствора. При повышении температуры выше 60 °С целесообразно применять растворы с большей концентрацией для понижения скорости реакции, что способствует повышению зоны охвата кислотой. Но в таком случае появляются проблемы, связанные с повышенной концентрацией солей в отреагировавшем растворе (трудность извлечения раствора из ПЗП), коррозией оборудования и труб. С другой стороны, при этом уменьшается объем закачки раствора.

При повышении давления с 0,1 до 0,7 МПа скорость реакции уменьшается в 7-10 раз, при 0,7-1 МПа – в 30-35 раз, при 1-6 МПа – в 70 раз [3]. Таким образом при условиях при которых скорость реакции раствора высока и охват ПЗП мал следует увеличить концентрацию или внедрять технологии с использованием эмульсий, пенокислот. На рисунке 12 представлены зависимости времени нейтрализации раствора от температуры и давления.

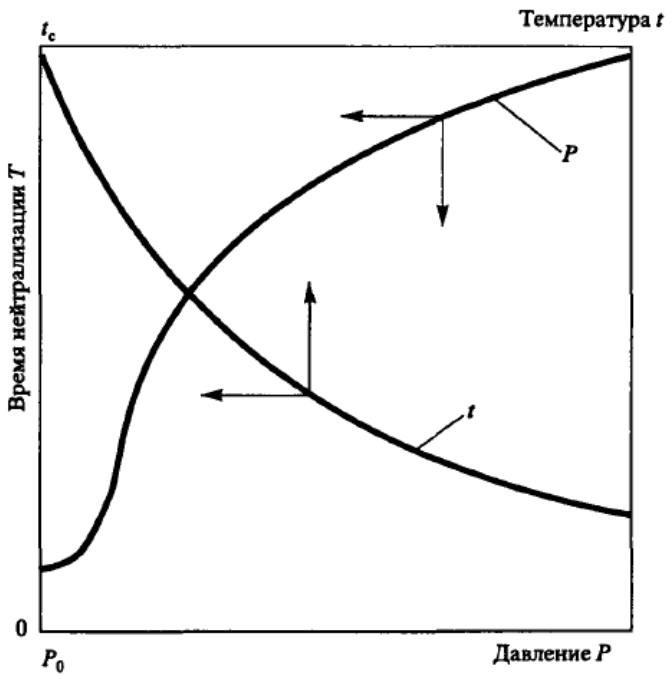

Рисунок 12 – Зависимости времени нейтрализации кислотного раствора от температуры и давления: P_0 – атм. давление, t_c=20 °C [3]

1.7 Химические присадки в составе кислотных растворов

Кислотное воздействие на скважину может вызвать ряд проблем, таких как выделение мелких загрязняющих частиц, образование осадков, эмульсий; коррозия стали. Необходимость использования добавок в кислотной растворе, определяется по лабораторным исследованиям взаимодействия кислоты, пород, пластовых нефти и воды. В таблице 6 приведены добавки к растворам, применяемые для решения распространенных проблем, возникающих при КО.

Таблица 6 – Химические присадки, используемые в составе растворов и их функции [15]

Присадка	Функция
Ингибитор коррозии	Замедляет скорость коррозии металлов от воздействия кислоты
	Создает ингибиторную пленку на поверхности металлов
Стабилизатор глин	Сохраняет частицы глин во взвешенном состоянии
	Предотвращает миграцию и набухание частиц глин
Закупоривающая добавка	Способствует равномерному распределению действующей вещества

	Ограничивает интервал воздействия действующего вещества
Добавка контроля железа	Растворяет продукты коррозии на стенках лифтовых труб или обсадных колонн
	Растворяет железистые минералы в скважине
ПАВ	Снижает поверхностное и межфазное натяжение
	Изменяет или восстанавливаемость смачиваемость скважин
	Ослабляет и разрушает эмульсии
	Обеспечивает создание эмульсий

2 АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КИСЛОТНЫХ ОБРАБОТОК НА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

2.1 Восточно-Сургутское нефтяное месторождение

Данный раздел содержит коммерческую тайну.

2.2 Абдрахмановская площадь Ромашкинского нефтяного месторождения

Ромашкинское нефтяное месторождение находится в Республике Татарстан в 20 км на юго-востоке от г. Бугульма и относится к Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. Разработку месторождения ведет ПАО «Татнефть». В свою очередь Абдрахмановская площадь расположена в центральной части месторождения.

На Абдрахмановской площади ведется эксплуатация объекта $Д_1$, продуктивная часть которого сложена мелкозернистыми песчаниками и крупнозернистыми алевролитами. В объекте $Д_1$ выделяется продуктивные пласты А, $Б_1$, $Б_2$, $Б_3$, В, $Г_1$, $Г_2$, $Г_3$Д, которые выделяются в две пачки, верхнюю и нижнюю [17]. В таблице 10 приведены основные параметры объекта $Д_1$ по которым можно судить о средних ФЕС.

Таблица 10 – Основные параметры объекта $Д_1$ [17]

Параметр	Горизонт	Верхняя пачка А; $Б_1$; $Б_2$; $Б_3$; В	Нижняя пачка $Г_1$; $Г_2$; $Г_3$Д
Начальная нефтенасыщенная толщина, м	18,2	7,9	10,3
Средняя пористость, доли ед.	0,2	0,18	0,21
Средняя проницаемость, мкм^2.	0,35	0,26	0,415
Коэффициент нефтенасыщенности, доли ед.	0,84	0,69	0,62

На объекте проводились простые кислотные обработки добывающих скважин 15% раствором HCl из расчета 1,8-2,0 м^3 на один метр обрабатываемой

мощности; с предварительной обработкой раствором в объеме 0,5 $м^3$ с концентрацией 15% HCl. В таблице 11 приведены результаты обработок добывающих скважин объекта.

Таблица 11 – Результаты применения простой кислотной обработки на добывающих скважинах Абдрахмановской площади [17]

№ скважины	Дебит нефти, тонн/сут.		Обводненность, %		Продолжительность эффекта, мес.	Дополнительная добыча нефти, тонн
	до обработки	после обработки	до обработки	после обработки		
14292	0,6	1,5	89	88	6	260
14175	1,1	3,5	89	89	9	914
9005	1,1	1,5	76	78	9	231
1111	1,3	4,1	86	86	10	948
13813	1,1	2,2	79	82	11	502
13512	0,5	1,6	92	83	10	298
14015	1,2	1,2	88	88	0	0
18850	0,8	1,6	88	91	10	281
12314	1,1	2,4	91	88	11	591
2248	0,9	2,0	98	88	10,5	523
среднее значение на одну операцию						
	0,97	2,16	87,6	86,1	8,65	454,8

В плане увеличения дебита нефти успешными были 9 из 10 обработок. На рисунке 15 наглядно представлены результаты воздействий на участке. Проведенная обработка одной скважины не показала результата, дебит нефти и обводненность продукции остались неизменными. В 4 скважинах обводненность продукции после обработки уменьшилась, в 3 осталась неизменной, в 3 увеличилась (рисунок 16). Средний прирост к дебиту нефти на одну операцию составил 1,2 тонн/сут. В среднем обводненность уменьшается на 1,5%. С учетом продолжительности эффекта операции средняя дополнительная добыча нефти составила 454,8 тонны.

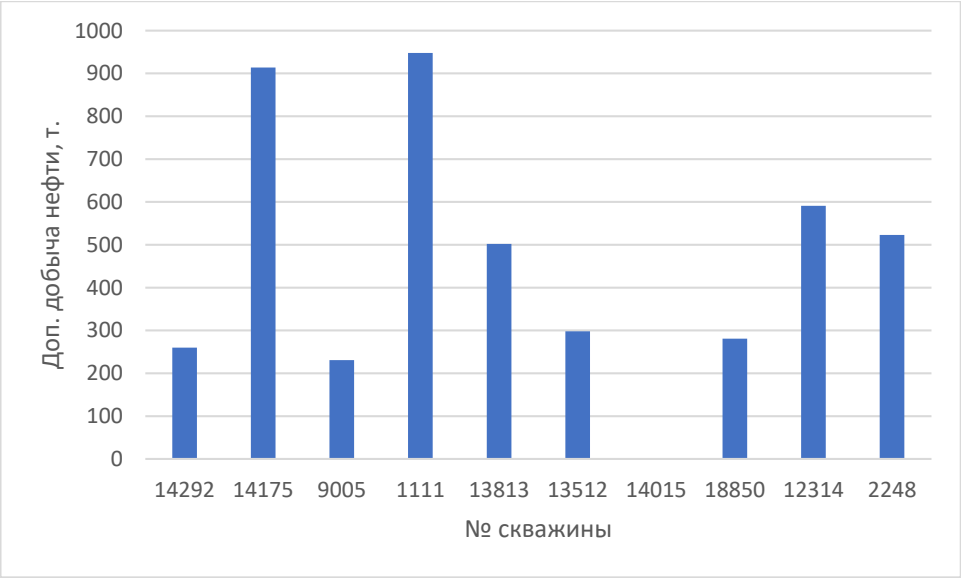

Рисунок 15 – Эффективность обработок на Абдрахмановской площади Ромашкинского месторождения

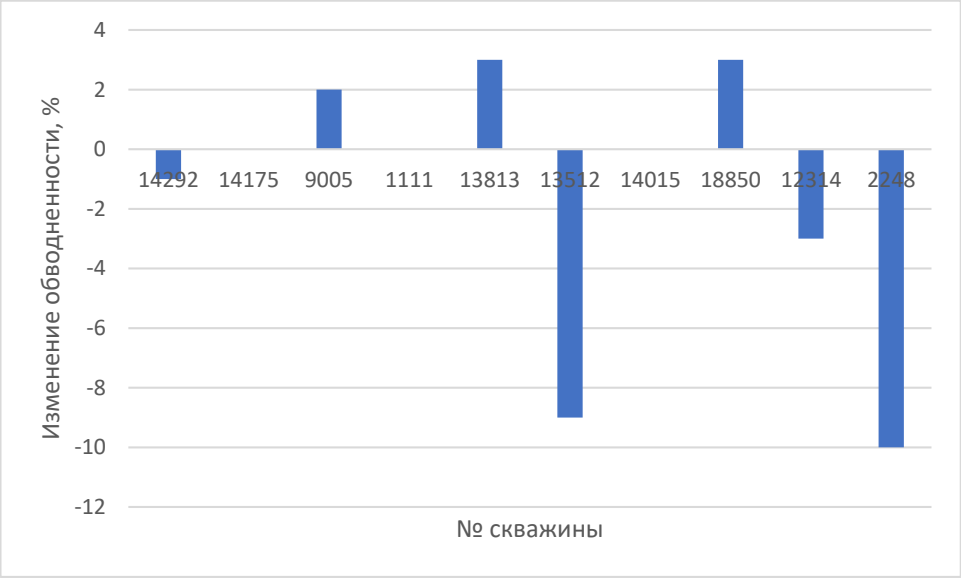

Рисунок 16 – Изменение обводненности продукции после воздействия на Абдрахмановской площади Ромашкинского месторождения

2.3 Петропавловское нефтяное месторождение

Петропавловское нефтяное месторождение находится в Республике Башкортостан и относится к Волго-Уральской нефтегазоносной провинции.

Разработку месторождения ведет НГДУ «Туймазанефть» в составе ООО «Башнефть-Добыча», являющейся дочерней компанией ПАО АНК «Башнефть».

Нефтенасыщенные породы в основном представлены карбонатными отложениями. На месторождении применялись различные виды кислотной обработки добывающих скважин с использованием HCl, результаты представлены в таблице 12 [18].

Таблица 12 – Результаты применения кислотной обработки на добывающих скважинах Петропавловского месторождения [18]

Номер скважины	До обработки		После обработки		Дополнительная добыча, тонн
	дебит нефти, тонн/сут.	обводнённость, %	дебит нефти, тонн/сут.	обводнённость, %	
358	2,7	60,2	3,8	63	368
1178	0,6	10,0	1,7	16	379
782	0,5	46,0	1,6	52	380
2356	1,50	34,00	2,40	65,70	305
1023	0,40	17,00	1,70	26,00	450
среднее	1,14	33,44	2,24	44,54	376,4

Все проведенные операции были успешны, наблюдался рост дебитов нефти, средний прирост к дебиту 1,1 тонн/сут. На рисунке 17 представлены результаты воздействия на скважины. Также наблюдается рост обводненности в каждой из скважин после воздействия в среднем на 11,1% (рисунок 18). В скважине №2356 отмечается рост обводненности на 31,7%, в остальных скважинах рост в пределах 3-11%. Дополнительная добыча нефти в результате воздействия в среднем принимает значение в 376,4 тонн.

Рисунок 17 – Эффективность обработок на Петропавловском месторождении

Рисунок 18 – Изменение обводненности продукции после воздействия на Петропавловском месторождении

2.4 Нагнетательные скважины месторождений ОАО «Татнефть» подверженные отложениям АСПО и продуктов коррозии в ПЗП

ОАО «Татнефть» ведет разработку месторождений, находящихся на территории Республики Татарстан. Крупнейшие месторождения, разрабатываемые компанией: Ромашкинское, Ново-Елховское, Ашальчинское, Бавлинское, Бондюжское, Первомайское, Сабанчинское, Архангельское.

Нагнетательные скважины, работающие с терригенными пластами месторождений Татарстана, со временем работы значительно снижают свою приемистость вследствие в большей степени АСПО и продуктов коррозионных процессов в ПЗП, также наблюдаются отложения окислов железа, солей.

Были проведены кислотные обработки подверженных загрязнениям нагнетательных скважин кислотной композицией на основе сухокислоты СК-ТК-4, смеси ПАВ Нефтенол К, ингибитора коррозии ИКУ-118. Технология обработки была установлена следующая [19]:

1. проводится промывка скважины раствором Нефтенола К;
2. устанавливается кислотная ванна раствора HCl с добавлением Нефтенола К;
3. проводится простая кислотная обработка ПЗП выше обозначенной композицией.

В таблице 13 представлены результаты обработки нагнетательных скважин по данной специальной программе.

Таблица 13 – Результаты применения кислотной обработки на нагнетательных скважинах ОАО «Татнефть» подверженных загрязнению [19]

Скважина	До обработки		После обработки	
	Приемистость скважин, $м^3$/сут	Давление, атм	Приемистость скважин, $м^3$/сут	Давление, атм
А	0	165	87	154
Б	0	150	120	150
В	0	155	115	155

Результаты операций были успешны, приемистость всех трех скважин улучшилась, в среднем на 107,3 $м^3$/сут.

Суммируя вышеописанный опыт применения различных видов кислотного воздействия можно сделать следующие выводы. Почти все проведенные по разным технологиям КО привели к увеличению добычи нефти или приемистости нагнетательных скважин, следовательно, считаются успешными. В одном случае простая обработка соляной кислотой не принесла

изменения в показателях добычи и обводенности, в отличие от аналогичных операций, проведенных на том же участке. В некоторых случаях, при КО соляной кислотой, увеличение добычи нефти сопровождалось увеличением обводненности продукции, с приростом вплоть до 31,7%.

2.5 Анализ результатов кислотных обработок

Данный раздел содержит коммерческую тайну.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Б7Г	Петрову Айаалу Егоровичу

Школа	**Инженерная школа природных ресурсов**	**Отделение школы (НОЦ)**	**Отделение нефтегазового дела**
Уровень образования	Бакалавриат	**Направление/специальность**	21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. *Стоимость ресурсов мероприятия: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих*	*Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, специального оборудования, согласно применяемой технологии, в соответствии с рыночными ценами.*
2. *Нормы и нормативы расходования ресурсов*	*Нормы расхода материалов, нормы времени на выполнение операций, нормы расхода материалов, инструмента и др.*
3. *Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования*	*Отчисления во внебюджетные фонды 30%, налог на прибыль 20%, НДПИ 919 руб./т.*
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. *Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения мероприятия с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения*	*Анализ потенциальных потребителей, конкурентных решений, SWOT-анализ. Определение возможных альтернатив проведения КО.*
2. *Планирование и формирование бюджета мероприятия*	*Составление календарного плана проекта. Определение бюджета мероприятия.*
3. *Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности мероприятия*	*Оценка ресурсной, финансовой эффективности*
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*:	
1. *Оценка конкурентоспособности технических решений* 2. *Матрица SWOT* 3. *График проведения мероприятия* 4. *Бюджет мероприятия* 5. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности мероприятия*	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Дукарт Сергей Александрович	к.и.н.,		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б7Г	Петров Айаал Егорович		

3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

3.1 Введение к разделу

В настоящее время на нефтяных месторождениях нередко возникает необходимость интенсификации притока нефти вследствие снижения ФЕС ПЗП. Одним из методов восстановления или улучшения ФЕС является КО. КО по различным технологиям широко проводятся, как и в нашей стране, так и за рубежом.

Кислотное воздействие чаще всего проводится с использованием раствора HCl по технологии простой кислотной обработки. HCl отличается от других кислот своей низкой ценой и доступностью. Использование той или иной технологии и кислотной композиции в первую очередь определяется исходя из геолого-технических условий и возможностей на каждом месторождении и даже скважине. Тем не менее необходимо проанализировать проведение необходимого для интенсификации мероприятия с финансовой точки зрения.

3.2 Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения мероприятия с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

3.2.1 Потенциальные потребители результатов работ

КО используется в нефтегазодобывающей отрасли, соответственно потребителем услуг по кислотному воздействию являются нефтегазодобывающие компании. КО применяются на месторождениях и проектируются для каждого месторождения отдельно. В данном разделе рассмотрены КО применявшиеся на добывающих скважинах объекта БС10/0 Восточно-Сургутского месторождения.

3.2.2 Анализ конкурентных решений

Для увеличения продуктивности скважин применяются различные методы воздействия на ПЗП. Популярными решениями этого вопроса являются КО, ГРП и акустическая обработка (АО). В таблице 16 представлена оценочная карта по которой проводится анализ сравнительной эффективности конкурентных решений. Оценивание по каждому показателю велось экспертным путем. Анализ конкурентных технических решений определяется по следующей формуле:

$$К = \sum В_i \cdot Б_i, \quad (6)$$

где К – конкурентоспособность;

$В_i$ – вес показателя (в долях единицы);

$Б_i$ – балл i-го показателя.

Таблица 16 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$Б_{КО}$	$Б_{ГРП}$	$Б_{АО}$	$К_{КО}$	$К_{ГРП}$	$К_{АО}$
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности скважины	0,2	4	5	2	0,8	1	0,4
2. Продолжительность эффекта	0,2	4	5	2	0,8	1	0,4
3. Энергоэкономичность	0,05	3	3	4	0,15	0,15	0,2
4. Надежность	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
5. Уровень шума	0,05	4	3	5	0,2	0,15	0,25
6. Безопасность	0,1	4	3	5	0,4	0,3	0,5
7. Простота проведения	0,05	3	3	5	0,15	0,15	0,25
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,2	4	2	4	0,8	0,4	0,8
2. Срок эксплуатации используемого оборудования	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Итого	**1**	**–**	**–**	**–**	**3,95**	**3,8**	**3,55**

Наиболее конкурентоспособным решением вопроса интенсификации добычи оказалась КО, за ней ГРП; наименее конкурентоспособным АО. КО обеспечивает хороший прирост к продуктивности скважин при не самой высокой цене проведения. ГРП показывает лучший прирост к добыче, но цена реализации гораздо выше чем у КО. АО обеспечивает не самый большой прирост к добыче, но данный вид воздействия отличается надежностью, безопасностью, простотой. Продолжительность эффекта ГРП и КО выше чем АО.

КО выгодно отличается от остальных видов интенсификации притока своим отношением прироста к добыче и стоимостью реализации, что является первоочередным фактором выбора вида воздействия.

3.2.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ проекта и применяется для исследования внешней и внутренней среды проекта. В таблице 17 представлены результаты SWOT-анализа для КО.

Таблица 17 – Матрица SWOT

	Сильные стороны: С1. Низкая стоимость реализации; С2. Хороший прирост к добыче.	**Слабые стороны:** Сл1. Индивидуальность применения к условиям определенного объекта; Сл2. Воздействие на окружающую среду.
Возможности: В1. Появление усовершенствованных технологий обработки и кислотных композиций; В2. Увеличение спроса вследствие продолжения тенденции падения добычи.	В2С1С2. В отрасли увеличивается доля трудноизвлекаемых ресурсов. Растет спрос на мероприятие по интенсификации с низкой стоимостью и хорошей эффективностью.	В1Сл1Сл2. Развитие методик КО может решить вопрос применения на объектах с ограничениями, а также уменьшить степень воздействия на экологию.
Угрозы: У1. Введение дополнительных государственных требований к осуществлению работ;	У2С1С2. Низкая цена и эффективность позволит КО быть более конкурентоспособным.	У1Сл2. Снижение влияния на экологию позволит избежать ужесточающих мер со стороны государства;

У2. Развивающаяся конкуренция среди методов повышения интенсификации притока скважин.		У2Сл1Сл2. Верное определение технологий и составов КО для конкретных месторождений и снижение воздействия на экологию позволит методу быть более конкурентоспособным.

В таблице 18 приведена интерактивная матрица проекта, которая необходима для определения взаимосвязи областей матрицы SWOT, где «+» означает сильное соответствие двух областей, «–» слабое соответствие, «0» сомнение определения соответствия.

Таблица 18 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны		Слабые стороны	
		С1	С2	Сл1	Сл2
Возможности	В1	0	–	+	+
	В2	+	+	–	–
Угрозы	У1	–	–	–	+
	У2	+	+	+	+

3.2.4 Определение возможных альтернатив проведения КО

КО может проводится по различным технологиям и с разными кислотными композициями. Тем не менее на конкретном месторождении существуют ограничения, то есть не каждая технология может быть применена. Определим три варианта решения задачи кислотной обработки ПЗП применительно к добывающим скважинам объекта БС10/0 Восточно-Сургутского месторождения. Таким образом варианты следующие: ОПЗ соляной кислотой, ОПЗ глинокислотой, ТГХВ.

3.3 Планирование и формирование бюджета мероприятия

3.3.1 Структура работ в рамках мероприятия

В разработке и сопровождении технологии КО на конкретной скважине конкретного месторождения участвует несколько специалистов. В таблице 19 приведены основные этапы, работы и их исполнители.

Таблица 19 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работ	Содержание работ	Должность исполнителя
Определение причин сниженной продуктивности ПЗП	1	Определение интервалов со сниженной продуктивностью и взятие глубинных проб флюида	Оператор по добыче нефти и газа, геофизик
Лабораторные исследования	1	Исследование проб флюида	Лаборант
	2	Выбор кислотной композиции	Инженер
	3	Расчет технологических параметров	Инженер
	4	Исследование взаимодействия кислотной композиции с керном и пробами флюида	Инженер, лаборант
Подготовка скважины к обработке	1	Промывка скважины	Оператор по добыче нефти и газа, машинист
Кислотная обработка	1	Проведение кислотной обработки	Оператор по химической обработке скважин, оператор по добыче нефти и газа, машинист
Освоение скважины	1	Промывка скважины	Оператор по добыче нефти и газа, машинист

3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ и построение графика проведения мероприятия

Трудовые затраты проводимого мероприятия занимают значительную часть расходов. Трудоемкость носит вероятностный характер, так как невозможно определить совершенно точную величину вследствие возможного

проявления сложно учитываемых факторов. Расчет осуществляется по следующей формуле:

$$t_{\text{ожи}} = \frac{3t_{min\,i} + 2t_{max\,i}}{5}, \quad (7)$$

где $t_{\text{ожи}}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i-ой работы, чел.-дн.;

$t_{min\,i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{max\,i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях по формуле:

$$T_{\text{р}_i} = \frac{t_{\text{ожи}}}{\text{Ч}_i}, \quad (8)$$

где $T_{\text{р}_i}$ – продолжительность одной работы, раб. дн.;

Ч_i – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для построения графика длительность этапов переводится в календарные дни по формуле:

$$T_{\text{к}i} = T_{\text{р}i} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (9)$$

где $T_{\text{к}i}$ – продолжительность выполнения i-й работы в календарных днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется как:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (10)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

Исполнения КО не различаются по длительности выполнения. В таблице 20 приведены расчеты значений по приведенным формулам.

Таблица 20 – Временные показатели проведения работ

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, $T_{рi}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{кi}$
	t_{min}, чел.-дни	t_{max}, чел.-дни	$t_{ожi}$, чел.-дни			
Определение интервалов со сниженной продуктивностью и взятие глубинных проб флюида	1	2	1,4	2	0,70	2
Исследование проб флюида	1	2	1,4	1	1,40	3
Выбор кислотной композиции	1	5	2,2	1	2,20	4
Расчет технологических параметров	1	2	1,4	1	1,40	3
Исследование взаимодействия кислотной композиции с керном и пробами флюида	1	2	1,4	2	0,70	2
Промывка скважины	1	1	1	2	0,50	1
Проведение кислотной обработки	1	2	1,4	3	0,47	1
Промывка скважины	1	1	1	2	0,50	1

В таблице 21 приведен календарный план-график проведения КО

Таблица 21 – Календарный план-график проведения КО

№ работ	Вид работ	Исполнители	$T_{кi}$, кал. дн.	Продолжительность выполнения работ	
				Февраль	
				2 декада	3 декада
1	Определение интервалов со сниженной продуктивностью и взятие глубинных проб флюида	Оператор по добыче нефти и газа, геофизик	2		
2	Исследование проб флюида	Лаборант	3		
3	Выбор кислотной композиции	Инженер	4		
4	Расчет технологических параметров	Инженер	3		
5	Исследование взаимодействия кислотной композиции с керном и пробами флюида	Инженер, лаборант	2		
6	Промывка скважины	Оператор по добыче нефти и газа, машинист	1		
7	Проведение кислотной обработки	Оператор по химической обработке скважин, оператор по добыче нефти и газа, машинист	1		
8	Промывка скважины	Оператор по добыче нефти и газа, машинист	1		

– оператор по добыче нефти и газа; – инженер;

– геофизик; – машинист;

– лаборант; – оператор по химической обработке скважин

3.3.3 Бюджет мероприятия

Подсчет представленный в таблице 22 велся по известным соотношениям исходных веществ [4] из учета, что ОПЗ соляной кислотой производится раствором 15% HCl в объеме 7,5 м^3; ОПЗ глинокислотой 12% HCl – 3% HF в

объеме 6 м^3; ТГХВ без закачки кислот. Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$З_м = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^{m} Ц_i \cdot N_{расхi}, \quad (11)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i-го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м2 и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i-го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м2 и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, примем как 0,2.

Таблица 22 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб	Затраты на материалы, ($З_м$), руб.		
		ОПЗ сол.	ОПЗ глин.	ТГХВ		ОПЗ сол.	ОПЗ глин.	ТГХВ
Соляная кислота товарная 35%	литр	3157,5	2022	–	80,64	305544,96	195664,90	–
Плавиковая кислота товарная, 40%	литр	–	415,8	–	889,80	–	443974,61	–
Пороховой заряд	шт.	–	–	1	500000,00	–	–	600000,00
Итого						305544,96	639639,51	600000,00

В таблице 23 приведены затраты на спецоборудование. СИН-32 и АЦН- 10 имеются в компании эксплуатирующей месторождение, их стоимость с учетом затрат на доставку 8091745 руб., и 5209500 руб. соответственно. Подобная спецтехника имеет срок пользования от 3 до 5 лет. На месторождении за 4 летний период было проведено 402 операции с использованием этих

агрегатов. Примем амортизацию для СИН-32 как 8091745/402=20128,72 руб. и для АЦН-10 как 5209500/402=12958,96 руб. Исполнения не отличаются составом используемого оборудования.

Таблица 23 – Затраты на специальное оборудование

Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Амортизация оборудования, руб.	Общая амортизация, руб.
СИН-32 на шасси КАМАЗ 43118	1	20128,72	20128,72
АЦН-10 на шасси КАМАЗ 43118	1	12958,96	12958,96
Итого			33087,68

Заработная плата включает в себя основную плату (включает в себя премии, доплаты в размере 20-30%) и дополнительную:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (12)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20% от $З_{осн}$).

Примем доплаты к основной заработной плате в размере 20% и дополнительную плату в размере 12% от основной.

В таблице 24 приведен расчет расходов по заработной плате на выполнение операции, равный для всех трех исполнений исходя из того, что исполнения не отличаются составом исполнителей и трудоемкостью.

Таблица 24 – Расчет заработной платы

Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, раб. дн.	Заработная плата, приходящаяся на один раб. день без учета доплат, руб.	Всего заработная плата, руб.
Определение интервалов со сниженной продуктивностью и взятие глубинных проб флюида; промывка скважины до и после; проведение кислотной обработки.	Оператор по добыче нефти и газа	2,17	2333,34	6805,12
Определение интервалов со сниженной продуктивностью и взятие глубинных проб флюида.	Геофизик	0,7	2000,00	1881,60
Исследование проб флюида;	Лаборант	2,1	1666,67	4704,01

Исследование взаимодействия кислотной композиции с керном и пробами флюида.				
Выбор кислотной композиции; Расчет технологических параметров; Исследование взаимодействия кислотной композиции с керном и пробами флюида.	Инженер	4,3	3333,34	19264,04
Промывка скважины до и после; Проведение кислотной обработки.	Машинист	1,47	2000,00	3951,36
Проведение кислотной обработки.	Оператор по химической обработке скважин	0,47	2666,67	1684,49
Итого				38290,62

В таблице 25 представлен расчет отчислений во внебюджетные фонды по следующей формуле:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (13)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды равный 0,3.

Таблица 25 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Заработная плата, руб.	Отчисления во внебюджетные фонды, руб.
Оператор по добыче нефти и газа	6805,12	2041,54
Геофизик	1881,60	564,48
Лаборант	4704,01	1411,21
Инженер	19264,04	5779,22
Машинист	3951,36	1185,41
Оператор по химической обработке скважин	1684,49	505,35
Итого		11487,21

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации такие как затраты на электроэнергию, связь, ксерокопию и прочее. Расчет ведется по формуле:

$$З_{накл} = (\text{сумма основных статей расходов}) \cdot k_{нр}, \quad (14)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент учитывающий накладные расходы, примем равным 0,16.

$$З_{накл\ ОПЗ\ сол.} = (305544{,}96 + 33087{,}68 + 38290{,}62 + 11487{,}21) \cdot 0{,}16 = 62145{,}68 \text{ руб.}$$

$$З_{накл\ ОПЗ\ глин.} = (639639{,}51 + 33087{,}68 + 38290{,}62 + 11487{,}21) \cdot 0{,}16 = 115600{,}81 \text{ руб.}$$

$$З_{накл\ ТГХВ} = (600000{,}00 + 33087{,}68 + 38290{,}62 + 11487{,}21) \cdot 0{,}16 = 109258{,}49 \text{ руб.}$$

В таблице 26 приведен общий бюджет мероприятия.

Таблица 26 – Расчет бюджета мероприятия

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	ОПЗ сол.	ОПЗ глин.	ТГХВ
Материальные затраты	305544,96	639639,51	600000,00
Затраты на специальное оборудование	33087,68	33087,68	33087,68
Затраты на заработную плату (основная и дополнительная)	38290,62	38290,62	38290,62
Отчисления во внебюджетные фонды	11487,21	11487,21	11487,21
Накладные расходы	62145,68	115600,81	109258,49
Бюджет мероприятия	450556,15	838105,83	792124,00

3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности мероприятия

Проведенные КО добывающих скважин объекта БС10/0 Восточно-Сургутского месторождения в рассмотренных исполнениях принесли дополнительной нефти в среднем: ОПЗ соляной кислотой 65,9 т; ОПЗ глинокислотой 919,1 т; ТГХВ 662,3 т.

Произведем расчет прибыли полученной от дополнительной нефти при цене барреля нефти 68,33 долл. и курсе доллара 74,07 руб. на момент подсчета. Тогда, цена за тонну нефти 37105,59 руб.

Прирост выручки от реализации определяется по формуле:

$$\Delta В = \Delta Q \cdot Ц_н, \quad (15)$$

где ΔQ – объём дополнительной добычи нефти, тонн;

$Ц_н$ – цена 1 тонны нефти, руб.

Для расчёта налога на прибыль, рассчитаем налогооблагаемую прибыль по формуле:

$$\Delta П_{н/обл} = \Delta В - З, \quad (16)$$

где З – затраты на мероприятие.

Определяем величину налога на прибыль:

$$\Delta Н_{пр} = \Delta П_{н/обл} \cdot 0{,}2 \quad (17)$$

Чистая прибыль после уплаты налогов:

$$\Delta П_{ч} = \Delta П_{н/обл} - \Delta Н_{пр} - \Delta Q \cdot НДПИ_{нефть}, \quad (18)$$

где $НДПИ_{нефть}$ – ставка налога на добычу полезных ископаемых (нефти), примем как 919 руб. за тонну.

Результаты расчетов прибыли после внедрения мероприятия представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Расчет прибыли мероприятия

	ОПЗ сол.	ОПЗ глин.	ТГХВ
$\Delta В$, руб.	2445258,38	34103747,77	24575032,26
$\Delta П_{н/обл}$, руб.	1994702,23	33265641,94	23782908,26
$\Delta Н_{пр}$, руб.	398940,45	6653128,39	4756581,65
$\Delta П_{ч}$, руб.	1535199,68	25767860,65	18417672,91

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{Ф_{pi}}{Ф_{max}}, \quad (19)$$

где $Ф_{pi}$ – стоимость i–го варианта исполнения;

$Ф_{max}$ – максимальная стоимость исполнения научно–исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (20)$$

где a_i – весовой коэффициент i–го варианта исполнения;

b_i – бальная оценка i–го варианта исполнения, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет показателя представлен в таблице 28.

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется как:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{\text{р-исп}i}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}}. \quad (21)$$

Сравнительная эффективность мероприятия определяется по формуле:

$$Э_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}}. \quad (22)$$

Результаты расчетов приведены в таблице 29.

Таблица 28 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

	Весовой коэффициент параметра	ОПЗ сол.	ОПЗ глин.	ТГХВ
Способствует росту производительности труда	0,3	3	5	4
Удобство в эксплуатации	0,1	5	5	5
Помехоустойчивость	0,1	4	4	4
Энергосбережение	0,1	4	4	4
Надежность	0,2	4	4	4
Материалоемкость	0,2	5	3	3
Итого	1			

Таблица 29 – Сравнительная эффективность мероприятия

Показатели	ОПЗ сол.	ОПЗ глин.	ТГХВ
Интегральный финансовый показатель	0,54	1	0,95
Интегральный показатель ресурсоэффективности	4	4,2	3,9
Интегральный показатель эффективности	7,41	4,2	4,11
Сравнительная эффективность	7,41/4,2=1,77	4,2/4,11=1,02	4,11/7,41=0,55

3.5 Выводы к разделу

КО выгодно отличается от других методов воздействия на ПЗП своей конкурентоспособностью. КО может быть проведена в различных технических решениях. Были проанализированы КО соляной и глинокислотой, а также КО в виде ТГХВ. Рассмотренные исполнения применялись на Восточно-Сургутском месторождении, на добывающих скважинах объекта БС10/0.

КО соляной кислотой отличается низкой стоимостью осуществления, почти в два раза меньшей, чем КО глинокислотой. ТГХВ стоит несколько меньше чем КО глинокислотой, что также отражено в интегральном финансовом показателе. Наиболее прибыльной является КО глинокислотой с чистой прибылью в 25,8 млн. руб., за ней следует ТГХВ с 18,4 млн. руб. Наименее прибыльной оказалась КО соляной кислотой, 1,5 млн. руб.

Наиболее высокий интегральный показатель ресурсоэффективности имеет КО глинокислотой, тем не менее все исполнения имеют сопоставимые величины показателя. ОПЗ соляной кислотой имеет наибольший интегральный показатель эффективности так как стоимость осуществления этого исполнения наименьшая. Несмотря на это можно сделать вывод, что ОПЗ глинокислотой оказалась самой эффективной на данном объекте в связи с наибольшей дополнительной чистой прибылью полученной после реализации дополнительной нефти.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Б7Г	Петрову Айаалу Егоровичу

Школа	**Инженерная школа природных ресурсов**	**Отделение (НОЦ)**	**Отделение нефтегазового дела**
Уровень образования	Бакалавриат	**Направление/специальность**	21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Тема ВКР:

Анализ технологий проведения кислотной обработки призабойной зоны скважин на нефтяных месторождениях	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: технология проведения кислотной обработки. Область применения: скважины нефтяного месторождения.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018); ГОСТ Р ИСО 6385-2016. Эргономика. Применение эргономических принципов при проектировании производственных систем; ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования; ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: Повышенный уровень общей вибрации; Повышенный уровень шума; Воздействие химических веществ на организм человека. Опасные факторы: Движущиеся машины и механизмы; Пожароопасность; Сосуды и аппараты под давлением.
3. Экологическая безопасность:	Атмосфера: выброс газов, испарение кислот. Гидросфера: сброс продуктов реакции. Литосфера: загрязнение почвы химическими веществами и нефтепродуктами.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС: пожар, выход из строя оборудования, разлив химических веществ. Наиболее типичная ЧС: пожар.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Фех Алина Ильдаровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б7Г	Петров Айаал Егорович		

4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

4.1 Введение к разделу

В осуществлении кислотного воздействия на ПЗП участвует несколько человек, ведется работа с различными агрессивными кислотами, агрегатами, с наземным и погружным оборудованием. Зачастую технологии обработки включают в себя создание высокого давления закачки растворов кислоты (до 18 МПа).

Нефтяное месторождение является чрезвычайно опасным объектом, на котором высок риск возникновения аварий и иных экстремальных ситуаций. Работы по осуществлению кислотной обработки нефтяных скважин сопровождаются высокой опасностью здоровью и жизни персонала. Таким образом необходимо внедрение мероприятий по снижению рисков возникновения экстремальных ситуаций в ходе кислотного воздействия на скважины и обеспечению безопасных условий труда работников осуществляющих данную операцию. В случае выхода процесса кислотной обработки из-под контроля может быть нанесен серьезный урон экологии, поэтому необходимо также предложить мероприятия по обеспечению экологической безопасности.

Исходя из того, что кислотная обработка на нефтяных месторождениях проводится повсеместно, складывается актуальность разработки комплекса мероприятий по защите здоровья работников и обеспечению комфортных условий работы, минимизации рисков возникновения чрезвычайных ситуаций и вреда окружающей среде.

4.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Специальная оценка условий труда определяет вредные и опасные факторы производственной среды и трудового процесса, устанавливает их класс по степени вредности и опасности согласно статье 14 ФЗ «О специальной оценке

условий труда» [1]. Условия труда персонала, задействованного в проведении кислотной обработки скважин на нефтепромысле, относятся к вредным и опасным. Таким образом им предусмотрены следующие льготы:

1. Сокращенная продолжительность рабочего времени – не более 36 часов в неделю, регламентируется статьей 92 ТК РФ [2].

2. Ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск. Минимальная продолжительность дополнительного отпуска составляет 7 календарных дней, регламентируется статьей 117 ТК РФ [2].

3. Повышенная оплата труда, где минимальный размер повышения составляет 4% согласно статье 147 ТК РФ [2]. Конкретные размеры повышения оплаты труда устанавливаются работодателем с учетом мнения представительного органа работников в порядке, установленном статьей 372 ТК РФ [2].

4. Досрочный выход на пенсию, регламентируется статьей 30 ФЗ «О страховых пенсиях» [3].

5. Периодические медицинские осмотры с целью определения пригодности для выполнения поручаемой работы и предупреждения профессиональных заболеваний, регламентируется статьей 213 ТК РФ [2].

6. Обеспечение необходимыми средствами индивидуальной защиты, а также смывающими и (или) обезвреживающими средства, согласно статье 221 ТК РФ [2].

7. Выдача молока и лечебно-профилактического питания или других равноценных пищевых продуктов, согласно статье 222 ТК РФ [2]. Продукты могут быть заменены эквивалентной компенсационной выплатой если это предусмотрено договором.

Химическая обработка скважин производится на кустовой площадке. Кустовая площадка представляет собой ограниченную территорию месторождения, на которой подготовлена специальная площадка для размещения группы нефтедобывающих и нагнетательных скважин, нефтегазодобывающего оборудования, служебных и бытовых помещений. В

ходе кислотной обработки ведутся работы с устьевым оборудованием скважин, с различными агрегатами, в первую очередь агрегатом кислотной обработки. Характер работы связан с работами преимущественно в положении стоя.

Согласно ГОСТ Р ИСО 6385-2016 [4] Рабочие места должны быть спроектированы таким образом, чтобы способствовать достижению целей производственной системы, в том числе достижению оптимальной общей рабочей нагрузки на сотрудников. Для эффективного выполнения рабочих обязанностей необходимо иметь достаточное пространство, обеспечивающее удобные рабочие позы, возможность их вариаций и передвижений. Оборудование должно быть легкодоступно и безопасно.

Рабочие позы не должны вызывать утомления, которое возникает под воздействием продолжительного статического мускульного напряжения. Возможность изменения позы или рабочих движений при выполнении производственного задания крайне важна для предотвращения усталости. Если можно использовать только одну рабочую позу, то поза в положении сидя является более предпочтительной, однако необходимость применения рабочей позы в положении стоя может быть вызвана требованиями технологического процесса.

ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ [5] устанавливает требования к рабочим местам при выполнении работ стоя. Так, конструкция, взаимное расположение элементов рабочего места (органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы. Рабочее место должно обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля. При проектировании оборудования и организации рабочего места следует учитывать антропометрические показатели женщин или (и) мужчин. Организация рабочего места и конструкция оборудования должны обеспечивать прямое и свободное положение корпуса тела работающего или наклон его вперед не более чем на 15°.

ГОСТ 22269-76 [6] устанавливает требования к взаимному расположению элементов рабочего места, в том числе оператора работающего с агрегатом кислотной обработки. При размещении органов управления необходимо выполнять следующие эргономические требования: органы управления должны располагаться в зоне досягаемости моторного поля, наиболее важные и часто используемые органы управления должны быть расположены в зоне легкой досягаемости моторного поля. Лицевые поверхности индикаторов следует располагать в оптимальной зоне информационного поля в плоскости.

4.3 Производственная безопасность

4.3.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Неблагоприятные производственные факторы согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [7] разделяют на вредные и опасные. Вредные факторы приводят к заболеванию или усугубляют уже имеющиеся заболевания, опасные могут привести к травме, в том числе смертельной. В таблице 30 приведены опасные и вредные факторы, возникающие при проведении кислотной обработки скважин.

Таблица 30 – Опасные и вредные факторы при выполнении кислотной обработки скважин

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Движущиеся машины и механизмы	–	–	+	ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности [8]
2. Повышенный уровень общей вибрации	–	–	+	СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий [9]
3. Повышенный уровень шума	–	–	+	СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях

				жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки [10]
4. Воздействие химических веществ на организм человека	–	+	+	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [11].
5. Пожароопасность	+	+	+	ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования [12]
6. Сосуды и аппараты под давлением	–	–	+	ГОСТ 34347-2017. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия [13]

Движущиеся машины и механизмы. Источником данного опасного фактора являются задействованные в кислотной обработке передвижные агрегаты, скважины, оборудованные станком-качалкой. Результатом совершенного воздействия на человека является травма в виде ушибов, переломов и пр., вплоть до смертельного исхода. Перед воздействием на скважину, станок-качалка должен быть остановлен и зафиксирован, передвижные агрегаты оборудованы противооткатами. Согласно ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ [8] движущиеся части производственного оборудования, являющиеся возможным источником травмоопасности, должны быть ограждены, выделены сигнальными цветами и знаками безопасности. Персонал должен быть экипирован СИЗ, в первую очередь защитой головы.

Повышенный уровень общей вибрации. Вибрацию создают работающие агрегаты при процедуре закачки растворов кислоты под давлением в скважину. Вибрация также распространяется на нагнетательную линию и устьевое оборудование. При хроническом воздействии вибрации на человека в условиях производства возможно развитие вибрационной болезни. Заболевание характеризуется стойкими патологическими нарушениями в сердечно-сосудистой и нервной системе, а также в опорно-двигательном аппарате. Согласно СН 2.2.4/2.1.8.566-96 [9] допустима вибрация частотой до 80 Гц. Для снижения степени вибрации увеличивается жесткость конструкции там где это возможно, персонал оснащается СИЗ с виброзащитными свойствами.

Повышенный уровень и другими неблагоприятные характеристики шума. Источниками шума являются агрегаты во время простоя и закачки жидкостей в скважину под давлением. Чрезмерный уровень шума оказывает неблагоприятное воздействие на здоровье людей, прежде всего на орган слуха, нервную и сердечно-сосудистую системы. В таблице 31 приведены допустимые уровни шума согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [10]. Основным методом борьбы с влиянием шума на человека является использование СИЗ в виде противошумных наушников и беруш. Также важно соблюдение режимов труда и отдыха.

Таблица 31 – Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА [10]

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	–	–	–
Напряженный труд 2 степени	50	50	–	–	–

Воздействие химических веществ на организм человека. В кислотной обработке используют соляную, плавиковую, уксусную и другие кислоты. Также на промысле всегда есть возможность выделения легких фракций нефти и попутного газа в воздух. Воздействие на человека веществ может происходить через вдыхание, попадание на кожу, слизистые в результате чего может нести разной степени токсический, раздражающий эффект. В таблице 32 приведены предельно-допустимые концентрации некоторых веществ в воздухе, согласно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ [11]. Защита от воздействия химических веществ включает в себя своевременный контроль ПДК с помощью анализаторов, применение СИЗ включая органы дыхания, зрения.

Таблица 32 – Предельно допустимые концентрации некоторых веществ в воздухе рабочей зоны [11]

Показатели	ПДК, мг/м^3	Класс опасности
Углеводороды алифатические предельные C_1-C_{10}	300	4
Уксусная кислота	5	3
Плавиковая кислота, БФФА	0,5	2
Соляная кислота	5	2
Оксид углерода	20	4

Пожароопасность. Нефть, газ и продукты их переработки – легковоспламеняющиеся вещества. Горение углеводородов является прямой угрозой жизни человека. Согласно ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ [12], объекты нефтегазовых промыслов должны быть оборудованы системами пожарной безопасности, которые в случае опасности должны незамедлительно оповестить рабочий персонал. Все противопожарное оборудование всегда должно быть готовы к использованию. Также необходимо проводить инструктажи по пожарной безопасности, ознакомление с противопожарными инструкциями и планами эвакуаций. К средствам защиты при возникновении пожарных ситуаций относятся противогазы, респираторы и аптечки, которые должны находиться в доступных для работников местах.

Сосуды и аппараты под давлением. Закачка растворов в скважину часто может производиться под большим давлением (до 18 МПа). Давление создается насосными агрегатами, которые через нагнетательные линии закачивают жидкости в скважину. ГОСТ 34347-2017 [13] регламентирует требования безопасности оборудования, работающего под давлением. В случае неисправностей или непредвиденных аварий возможен риск смертельной опасности трудящихся. Для предотвращения возникновения инцидентов на производстве применяют средства измерения КИПиА и предохранительную арматуру, а также соблюдение техники безопасности при работе с объектами, находящимися под большим давлением. Также необходим постоянный контроль за техническим состоянием сосудов.

4.3.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия опасных и вредных факторов на работающего

Движущиеся машины и механизмы. Для исключения возможности наезда на человека предлагается ограничить скорость передвижения транспорта на территории производственной площадки до 10 км/ч.

Повышенный уровень общей вибрации. Предлагается использование виброизолирующих устройств и покрытий для агрегатов.

Повышенный уровень и другими неблагоприятные характеристики шума. Наиболее действенным способом борьбы с шумом является уменьшение его в источнике образования путем применения технологических и конструктивных мер, организацией правильной наладки и эксплуатации оборудования. Также уровень шума может быть уменьшен при уменьшении уровня вибрации, так как вибрация способствует тряске мелких металлических частей оборудования.

Воздействие химических веществ на организм человека. Для снижения влияния химических веществ на здоровье работника предлагается внедрить культуру заботы о собственном здоровье по средствам профилактических бесед и мероприятий. Работники должны быть осведомлены о необходимости гигиенических процедур, очистке СИЗ после выполненных работ для удаления химических веществ с поверхностей.

Пожароопасность. Предлагается исключение возникновения искры. Так, на автомобили необходимо установить искрогасители, исключить курение вблизи производственных объектов.

Сосуды и аппараты под давлением. Предлагается увеличить периодичность контроля технического состояния линий, агрегатов, цистерн.

Требования безопасности при проведении КО устанавливаются инструкцией по промышленной безопасности и охране труда для оператора по химической обработке скважин [14].

Требования безопасности перед проведением работ. Получив задание, оператор должен: проверить исправность насосных агрегатов, запорной арматуры, трубопроводов, КИП и А; проверить наличие пожарного инвентаря и его исправность; постоянно держать рабочее место устья скважины в чистоте и порядке, не загромождать посторонними предметами; установить насосный агрегат от скважины на расстоянии не менее 25 м, кабиной от устья с наветренной стороны; проверить на герметичность путем опрессовки на полуторакратное рабочее давление все нагнетательные линии водой, проверить наличие обратного клапана; при обнаружении неисправного технологического оборудования сообщить технологу (мастеру) и принять меры для их устранения.

Требования безопасности во время работы. При закачке химреагентов в скважину: необходимо обеспечивать правильную технологию, следить за показаниями манометра; разлитый химический реагент своевременно убирать в специально отведенное место; не должно быть утечки химреагентов через соединения оборудования и трубопроводов; не ремонтировать коммуникации, трубопровод. При попадании ингибиторов на незащищенные участки тела: промыть их проточной водой. Во время проведения работы: становиться с наветренной стороны во избежание попадания паров химреагентов при вдыхании.

Требования безопасности по окончании работ. По окончании работ коммуникации и оборудование промыть водой и промывочную воду закачать в дренажную систему. Собрать и уложить инструмент. О выполненной работе доложить непосредственному руководителю работы. Сдать смену сменщику с росписью в вахтовом журнале. Снять СИЗ и уложить их в места хранения.

4.4 Экологическая безопасность

Защита атмосферы. Разлив и хранение нефтепродуктов сопровождается выделениями летучих углеводородных фракций. Также при определенных условиях возможны испарения кислот использующихся при КО. Основными

мероприятиями по защите атмосферы являются: исключение случаев выбросов газа и разливов нефти путем своевременного осуществления сброса нефти и газа в аварийные емкости, сжигания попутного нефтяного газа в факельной трубе; оперативный сбор разлитой нефти; постоянное внедрение технологий и оборудования, ведущих к снижению норм ПДВ. Выбросы в атмосферу нормируются величиной предельно-допустимых выбросов.

Защита гидросферы. Основными загрязнителями природной среды, а в частности водоемов, при проведении работ по КО являются продукты реакции, то есть смесь отработанного раствора, промывочной жидкости, нефтепродуктов, растворенных загрязнений. Для минимизации урона гидросфере запрещается прямой сброс жидких отходов. Мероприятия защиты гидросферы включают в себя создание резервуаров для хранения жидких отходов и контроля за ними. Выбросы в гидросферу нормируются величиной предельно-допустимых сбросов ПДС.

Защита литосферы. При проведении КО возможно загрязнение почвы утечками растворов кислот, технических жидкостей и нефтепродуктов. Помимо этого, нарушение технологии КО может привести вред продуктивному горизонту и сделать добычу невозможной. Для предупреждения загрязнения окружающей среды при проведении работ запрещается сливать остатки рабочих жидкостей на землю, следует использовать специальные емкости.

В процессе как КО, так и разработки нефтяных месторождений в целом, в атмосферу выбрасываются вредные для организма вещества. Таким образом необходимы санитарно-защитные зоны, предотвращающие вредное воздействие на селитебные зоны.

4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При проведении кислотной обработки скважин возможны следующие техногенные чрезвычайные ситуации: пожар, выход из строя оборудования, разлив химических веществ.

Наиболее вероятным ЧС является пожар, вследствие испарения или утечки горючих веществ и возникновения искры. В целях недопущения возгорания следует периодически осматривать устьевое оборудование, нагнетательные линии, места соединения на предмет пропусков. Также следует исключить возможное образование искры, так транспорт оборудуется искрогасителями и исключается курение в непосредственной близости от места проведения работ.

В случае возникновения пожара необходимо:

- сообщить о пожаре в пожарную охрану;
- прекратить все технологические операции;
- вывести людей не участвующих в тушении пожара из опасной зоны;
- отключить электро- и газоснабжение, выполнить другие мероприятия, способствующие предотвращению распространения пожара и задымления;
- осуществить общее руководство по тушению пожара (с учетом специфических особенностей объекта) до прибытия подразделения пожарной охраны;
- обеспечить соблюдение требований безопасности работниками, принимающими участие в тушении пожара;
- содействовать подъезду пожарной охраны.

4.6 Выводы к разделу

В ходе кислотной обработки скважин возникают требующие управления вредные и опасные производственные факторы, представляющие собой угрозу здоровью и жизни персонала.

В данном разделе были разобраны правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при проведении кислотной обработки скважин на нефтяном месторождении. Также были выявлены вредные и опасные производственные факторы, сопровождающие процесс кислотного воздействия,

и предложены решения по снижению уровня вредного воздействия и определены меры защиты работников. Выполнение требований мер безопасности при выполнении работ позволяет снизить воздействие вредных и опасных факторов на здоровье персонала. Предложенные решения могут быть внедрены в производстве в том или ином виде.

Кислотная обработка оказывает значительный вред на окружающую среду, поэтому для минимизации урона следует соблюдать правила в области экологической безопасности. В ходе воздействия могут возникнуть различные техногенные чрезвычайные ситуации, наиболее типичная из которых пожар. Пожар оказывает смертельную опасность рабочему персоналу, следовательно, план действий при возгорании имеет большую важность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были рассмотрены технологии кислотных обработок и их применение на нефтяных месторождениях России. Выбор технологии воздействия зависит от геолого-технических условий на месторождении, таким образом КО проектируется для каждого месторождения отдельно. В процессе разработки месторождения накопленная информация, включая результаты предыдущих операций по кислотному воздействию, позволяет определить рациональную технологию КО.

Отечественный опыт проведения КО свидетельствует о положительной результативности данного вида воздействия на ПЗП. Так, на Восточно-Сургутском месторождении дополнительная добыча нефти в среднем за одну КО составила 1180,6 тонн; на Абдрахмановской площади Ромашкинского месторождения 454,8 тонн; на Петропавловском месторождении 376,4 тонн. Приемистость нагнетательных скважин ОАО «Татнефть» возросла в среднем на 107,3 $м^3$/сут.

Используя теоретическое руководство по выбору кислотной композиции и результаты предыдущих КО было сделано предложение о внедрении ОПЗ уточненными составами на объектах Восточно-Сургутского месторождения. На Абдрахмановской площади Ромашкинского месторождения и Петропавловском месторождении проведенные КО эффективны и не требуют модернизации. Так же можно сказать и про нагнетательные скважины месторождений ОАО «Татнефть» подверженные отложениям АСПО и продуктов коррозии в ПЗП, которые подвергались комплексному кислотному воздействию.

Опыт разработки Восточно-Сургутского месторождения показывает, что совместное использование химических и физических методов воздействия на пласт может увеличить эффективность ОПЗ. Так, на скважинах проводились операции по повторной перфорации и ОПЗ соляной кислотой, ТГХВ. Результаты совместного воздействия были выше чем отдельно химического.

Негативным аспектом КО является возможность увеличения обводненности добываемой продукции. На 3 из 10 обработанных скважин Абдрахмановской площади обводненность повысилась на 2-3 %. На всех 5 обработанных скважин Петропавловского месторождения обводненность повысилась на 2,8-31,7 %.

Как показывает отечественный опыт КО чаще всего проводятся в виде простых КО с использованием соляной кислоты и глинокислоты. Использование простых КО связано с буквальной простотой процесса и оборудованностью промыслов к этому методу. Использование же этих кислот и составов на их основе может быть объяснено недостатком исследований с использованием других, что в свою очередь объясняется экономической удовлетворительностью существующего тренда. Это отображено в анализе финансовой эффективности обработок на добывающих скважинах объекта БС10/0 Восточно-Сургутского месторождения, где чистая прибыль от внедрения ОПЗ глинокислотой в 30 раз превышала затраты.

В ходе КО на промысле необходима готовность всех структур к возникновению ЧС. Были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, проанализированы вредные и опасные производственные факторы, сопутствующие КО и предложены меры по снижению их воздействия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 М. Кристиан, С. Сокол, А. Константинеску. Увеличение продуктивности и приемистости скважин / Пер. с румынск. М.: Недра, 1985, с. 184.

2 Сафина Л.И., Стариков А.И. Обработка призабойной зоны пласта кислотными растворами на Приразломном месторождении // Вестник Югорского государственного университета: Научный журнал. – 2016. – №3.

3 Мищенко И.Т. Скважинная добыча нефти: Учебное пособие для вузов. – М.: ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. – 816 с.

4 Уметбаев В.Г. Геолого-технические мероприятия при эксплуатации скважин: Справочник рабочего. – М.: Недра, 1989. – 215 с.

5 Рассохин С.Г. Оператор по добыче нефти и газа: Учеб. пособие для нач. проф. Образования. – М.: Образовательно-издательский центр «Академия», 2002. – 544 с.

6 Справочная книга по добыче нефти. Под ред. д-ра техн. наук Ш.К. Гиматудинова. М.: Недра, 1974. – 704 с.

7 Грей Ф. Добыча нефти / Пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп – Бизнес», 2001. – 416 с.

8 Анализ методов интенсификации притока нефти к скважинам на месторождении Рават // Тезисы докладов 65 науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Уфа, 2014. – С. 24-25.

9 Кустышев А.В., Паникаровский Е.В., Кустышев Д.А. Поинтервальная кислотная обработка низкопроницаемых терригенных коллекторов на завершающей стадии разработки многопластовых месторождений // Нефтяное хозяйство: Ежемесячный научно-технический и производственный журнал. – 2014. – №2. – С. 122-124.

10 Забоева М.И., Пашков А.О., Михайловский А.А. Технология проведения термогазохимического воздействия на пласт // Молодой ученый: Научный журнал. – 2020. – №17. – С. 53-54.

11 Бекетов С.Б., Керимов А.-Г.Г., Димитриади Ю.К. Пенокислотное воздействие на карбонатные пласты – эффективный способ интенсификации притока углеводородов // Нефтепромысловое дело: Научно-технический журнал. – 2008. – №10. – С. 39-43.

12 Гидромонитор ГМ-88 «Москит» / Международный Институт Профессионального Образования [Электронный ресурс]. URL: https://inipe.com/gidromonitor-gm-88-moskit/ (дата обращения 24.05.2021).

13 Силин М.А., Магадова Л.А., Цыганков В.А., Мухин М.М., Давлетшина Л.Ф. Кислотные обработки пластов и методики испытания кислотных составов: Учебное пособие. – М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2011. – 142 с.

14 Mian Umer Shafiq, Hisham Ben Mahmud. Sandstone matrix acidizing knowledge and future development // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. – 2017. – №7. – С. 1205-1216.

15 Leong Van Hong, Hisham Ben Mahmud. A preliminary screening and characterization of suitable acids for sandstone matrix acidizing technique: a comprehensive review // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. – 2019. – №9. – С. 753-778.

16 Дополнение к технологической схеме разработки Восточно-Сургутского нефтяного месторождения, 2014 г.

17 Березовский Д.А., Яковлев А.Л., Самойлов А.С. Анализ применения солянокислотной обработки призабойных зон скважин Абдрахмановской площади Ромашкинского месторождения // Вестник студенческой науки кафедры информационных систем и программирования: Научный журнал. – 2017. – №3. – С. 65-86.

18 Касем М.Я.Х.Г., Очередько Т.Б., Арутюнов Т.В. Обоснование работ по кислотной обработке карбонатных пластов Петропавловского месторождения

// Наука. Техника. Технологии. (политехнический вестник): Научный журнал. – 2017. – №3. – С. 189-207.

19 Кислотные обработки в долго эксплуатируемых нагнетательных скважинах со значительными отложениями АСПО и продуктов коррозии в призабойной зоне / АО «Химеко-ГАНГ» [Электронный ресурс]. URL: https://www.himeko.ru/intensifikacziya-dobyichi-nefti.html (дата обращения 24.05.2021).

20 Техническое задание на проведение работ по обработке призабойной зоны пласта скважин на Ванкорском месторождении, 2020 г.

21 Федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ (ред. от 30.12.2020) «О специальной оценке условий труда» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2021).

22 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018).

23 Федеральный закон от 28.12.2013 N 400-ФЗ «О страховых пенсиях» (с изменениями на 30.04.2021).

24 ГОСТ Р ИСО 6385-2016. Эргономика. Применение эргономических принципов при проектировании производственных систем.

25 ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.

26 ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.

27 ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

28 ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

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

30 СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

31 ГН 2.2.5.3532–18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

32 ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

33 ГОСТ 34347-2017. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия.

34 ИПБОТ 137-2008 Инструкция по промышленной безопасности и охране труда для оператора по химической обработке скважин.