

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 – Нефтегазовое дело
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение нефтегазового дела

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Совершенствование технических средств и технологий гравийной обсыпки прифилтровой зоны скважин

УДК 622.245.65-048.32

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ73	Абаков Алексей Витальевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Глотова В.Н.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Романюк В.Б.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент отделения общетехнических дисциплин	Черемискина М.С.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Ковалев А.В.	к.т.н		

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять естественнонаучные, математические, гуманитарные, экономические, инженерные, технические и глубокие профессиональные знания в области современных нефтегазовых технологий для решения <i>прикладных междисциплинарных задач и инженерных проблем</i> , соответствующих профилю подготовки (в нефтегазовом секторе экономики).
P2	Планировать и проводить аналитические и экспериментальные <i>исследования</i> с использованием новейших достижений науки и техники, уметь критически оценивать результаты и делать выводы, полученные в <i>сложных и неопределённых условиях</i> ; использовать <i>принципы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности</i> .
P3	Проявлять профессиональную <i>осведомленность о передовых знаниях и открытиях</i> в области нефтегазовых технологий с учетом <i>передового отечественного и зарубежного опыта</i> ; использовать <i>инновационный подход</i> при разработке новых идей и методов <i>проектирования</i> объектов нефтегазового комплекса для <i>решения инженерных задач развития</i> нефтегазовых технологий, <i>модернизации и усовершенствования</i> нефтегазового производства.
P4	<i>Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные машины и механизмы</i> для реализации технологических процессов нефтегазовой области, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила <i>охраны здоровья и безопасности труда</i> , выполнять требования по <i>защите окружающей среды</i> .
P5	Быстро ориентироваться и выбирать <i>оптимальные решения в многофакторных ситуациях</i> , владеть методами и средствами <i>математического моделирования</i> технологических процессов и объектов.
P6	Эффективно использовать любой имеющийся арсенал технических средств для максимального приближения к поставленным производственным целям при <i>разработке и реализации проектов</i> , проводить <i>экономический анализ затрат, маркетинговые исследования, рассчитывать экономическую эффективность</i> .
P7	Эффективно работать <i>индивидуально</i> , в качестве <i>члена и руководителя команды</i> , умение формировать задания и <i>оперативные планы</i> всех видов деятельности, распределять обязанности членов команды, готовность нести <i>ответственность за результаты работы</i> .
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности; активно <i>владеть иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию и защищать результаты инженерной деятельности.

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 – Нефтегазовое дело
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации <small>(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)</small>
--

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ73	Абакову Алексею Витальевичу

Тема работы:

Совершенствование технических средств и технологий гравийной обсыпки прифилтровой зоны скважин
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом исследование является разработка дезинтегрируемого гравийного фильтра (ДГФ) обладающего значительными прочностными характеристиками. Разработка рецептуры раствора для склеивания гравия.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений науки и техники в рассматриваемой области; 2. Проведение экспериментального исследования по разработке рецептуры для склеивания гравия. 3. Финансовый менеджмент; 4. Социальная ответственность; 5. Перевод одной из основных частей.

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Необходимость в графических материалах отсутствует
---	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент отделения нефтегазового дела, к.э.н., Романюк В.Б.
Социальная ответственность	Ассистент отделения общетехнических дисциплин Черемискина М.С.
Часть на иностранном языке	Старший преподаватель отделения иностранных языков Лысунец Т.Б.

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

Improvement of technical means and technologies of gravel dusting of the well filter zone

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Глотова В.Н.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ73	Абаков Алексей Витальевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ73	Абаков Алексей Витальевич

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Нефтегазовое дело / Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Расчет сметной стоимости выполняемых работ, согласно применяемой техники и технологии
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций, нормы расхода материалов, инструмента и др.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Ставка налога на прибыль 20 %; Страховые взносы 30%; Налог на добавленную стоимость 20%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Технико-экономическое обоснование целесообразности внедрения новой техники или технологии выполнения работ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Линейный график выполнения работ

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Организационная структура управления
2. Линейный календарный график выполнения работ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ73	Абаков Алексей Витальевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 2БМ73	ФИО Абаков Алексей Витальевич
------------------------	---

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Рабочим местом является кустовая площадка для создания гравийного фильтра в призабойной зоне скважины. Способ создания гравийного фильтра в скважине включает вскрытие продуктивного пласта перфорированной обсадной колонной, намыв гравия в пространство обсадной колонны в интервале перфорации и в пространство каверн за обсадной колонной с гидроуплотнением призабойной зоны пласта (ПЗП). Время работ созданию гравийного фильтра – осенний и осенне-зимний период
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	– специальные правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность: 2.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.	Работа по созданию гравийного фильтра непосредственно связана рядом вредных факторов, что может снизить производительность труда. К таким факторам можно отнести: 1. Отклонение показателей климата на открытом воздухе. 2. Превышение уровней шума. 3. Электромагнитное излучение. 4. Выброс вредных веществ.
2.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.	На объекте спуска фильтра в призабойную зону пласта могут возникать опасные факторы для рабочего персонала, к ним относятся: 1. Электрический ток. 2. Пожароопасность.
3. Экологическая безопасность:	– анализ воздействия объекта на атмосферу; – анализ воздействия объекта на гидросферу; – анализ воздействия объекта на литосферу.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС: - пожар, взрыв; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.

Дата выдачи раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент ООД, ШБИП	Черемискина М.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ73	Абаков Алексей Витальевич		

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) – Нефтегазовое дело
 Уровень образования – магистратура
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение нефтегазового дела
 Период выполнения – осенний / весенний семестр 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация

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

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2019
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01 марта 2019	1. Проведение литературного обзора по теме	20
08 марта 2019	2. Утверждение методики проведения исследований и обработки данных	5
22 апреля 2019	3. Проведение исследования рецептуры для склеивания гравийного фильтра.	10
06 мая 2019	4. Анализ полученных экспериментальных данных, промежуточная аттестация выполнения диссертации	5
23 мая 2019	5. Предварительная защита диссертации	5

**СОСТАВИЛ:
Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Глотова В.Н.	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Ковалев Артем Владимирович	к.т.н.		

Аннотация

В первой части дипломного проекта рассматриваются проблемы выноса песка в скважинах, а также основные методы борьбы. Можно выделить несколько возможных направлений решения проблемы: механические, физико-химические и химические. Проанализировав эти методы, можно сделать вывод: механические методы являются наиболее простыми и доступными, поэтому получили наибольшее распространение. К ним относится оборудование нефтяных скважин противопесочными фильтрами различной конструкции. Соответственно они нуждаются в более детальном рассмотрении из-за своей простоты, а значит и большей рентабельности. Был приведен анализ конструкций фильтров. Рассмотрены их достоинства и недостатки и сделаны выводы: гравийные фильтры обладают существенными преимуществами перед фильтрами других конструкций. Исходя из данного вывода, были подробно рассмотрены конструкции гравийных фильтров. Существует две основных группы гравийных фильтров – создаваемые на поверхности и создаваемые на забое. Несмотря на все преимущества перед остальными видами фильтров, они так же имеют свои недостатки. Важным недостатком таких фильтров являются: большие временные затраты на формирование фильтра на забое и необходимость увеличения диаметра скважины и расширения фильтровой зоны скважины. В связи с данными выводами появилась необходимость в совершенствовании технических средств и технологий гравийной обсыпки прифильтровой зоны технологических скважин.

Во второй части дипломного проекта разрабатывается рецептура раствора для склеивания гравия, основная задача данной работы. Научная новизна заключается в выборе склеивающего реагента, а также в поиске и апробовании различных растворителей, направленных на разрушение склеенной конструкции, адаптированных под состав определенной рецептуры. Основой для склеивания гравия было предложено кристаллическое вязущее вещество. Для проверки образцов на растворение были выбраны следующие вещества:

1. Вода.
2. Глинистый раствор.
3. Нефть
4. Бензин «Калоша».
5. Керосин.
6. Уайт-спирит.

Последовательность исследований:

1. Определение процентного содержания гравия и раствора для его склеивания.
2. Проверка прочностных характеристик полученных образцов.
3. Поиск растворителей, адаптированных под состав раствора и растворение полученных образцов.
4. Анализ полученных результатов.

В третьей части отражены и проведены расчеты всех видов расходов, направленных на проведение научного исследования и разработки склеивающего реагента для дезинтегрируемого гравийного фильтра.

Затраты на выполнение научно-исследовательского проекта включают в себя следующие элементы:

- затраты на специальное оборудование и рабочие компоненты;
- затраты на оплату труда;
- затраты на страховые взносы в государственные внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

В четвертой части дипломной работы рассмотрена социальная ответственность работника нефтегазовой отрасли. Описаны виды вредного воздействия на окружающую среду. Проведен анализ всех опасных и вредных факторов рабочей зоны, таких как: шум, метеорологические условия, электромагнитное излучение, вредные вещества, электрический ток и пожар.

Определения, сокращения, обозначения

ДГФ – дезинтегрируемый гравийный фильтр

ПЗП – призабойная зона пласта

ПАВ – поверхностно-активные вещества

НКТ – насосно-компрессорные трубы

ГОСТ – государственный стандарт

ГРП – гидравлический разрыв пласта

ПЛВА – план ликвидации возможных аварий

Оглавление

Введение	13
1. Теоретическая часть	15
1.1 Актуальность проблемы.....	15
1.2 Методы борьбы с пескопроявлением.....	17
1.3 Химические методы борьбы с пескопроявлением.....	20
1.4 Физико-химические методы борьбы с пескопроявлением	23
1.5 Механические методы борьбы с пескопроявлением.....	24
1.6 Комбинированные методы борьбы с пескопроявлением.....	29
1.7 Выбор способа предотвращения поступления песка из пласта в скважину	30
1.8 Гравийные фильтры	30
1.8.1 Гравийно-подвесные фильтры.....	31
1.8.2 Гравийно-намывные фильтры.....	35
1.8.3 Гравийная набивка.....	38
2. Экспериментальная часть	41
2.1 Методика изготовления образцов дезинтегрируемого гравийного фильтра	42
2.2 Результаты экспериментальных исследований.....	43
Вывод	47
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	48
4.1 Расчет затрат на расходные компоненты для проведения научных исследования и экспериментальных работ.....	48
4.2 Затраты по основной заработной плате.....	50
4.3 Отчисления во внебюджетные фонды	53
4.4 Накладные расходы.....	54
4.5 Формирование бюджета научно-исследовательского проекта	54
5 Социальная ответственность	55
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	55
5.1.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны).....	55
5.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	56
5.2 Производственная безопасность	57
5.2.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование.....	57
мероприятий по их устранению	57
5.2.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	62
5.3 Экологическая безопасность.....	64
5.3.1 Защита атмосферы.....	64
5.3.2 Защита гидросферы	65
5.3.3 Защита литосферы	65

5.4 Защита в чрезвычайных ситуациях	66
5.4.1 Пожаровзрывобезопасность	68
Список используемой литературы	70
Приложение А	74

Введение

Для нормального функционирования оборудования, необходимо всеми методами бороться с пескопроявлениями. Слабосцементированный пласт с большим содержанием песка, частицы которого могут попадать на забой скважины, разрушать пласты, вызывать пробки, обвалы в стволе. Эти повреждения могут привести к полному отказу оборудования, поэтому любые пескопроявления необходимо устранять.

Можно выделить несколько возможных направления решения проблемы: гидродинамические, механические, физико-химические, химические и комбинации этих методов.

Механические методы являются наиболее простыми и доступными, поэтому получили наибольшее распространение. К ним относится оборудование нефтяных скважин противопесочными фильтрами различной конструкции. В данной работе рассмотрены гравийные фильтры, обладающие существенными преимуществами перед фильтрами других конструкций: стабильность работы, более высокие показатели приемистости закачивающих и дебита откачивающих скважин.

Существует две основных группы гравийных фильтров – создаваемые на поверхности и создаваемые на забое. Гравийные фильтры, создаваемые на поверхности (кожуховые, корзинчатые, блочные) относительно малопродуктивны, достаточно быстро кольматируются, сложны и дороги при производстве и сложны при установке в скважине. Кроме того, после спуска фильтра в скважину, необходимо производить обсыпку второго слоя гравитационным способом, что увеличивает временные затраты. Гравийные фильтры, создаваемые на забое при всех достоинствах, не всегда обеспечивают высокого качества гравийной обсыпки. При этом для обеспечения необходимой толщины засыпки требуется увеличение диаметра скважины и расширения фильтровой зоны скважины. Все это приводит к увеличению временных и финансовых затрат. Для увеличения эффективности обустройства фильтровой

части скважины при сооружении скважин проводились исследования по созданию и разработке дезинтегрируемого гравийного фильтра.

Цель исследования – совершенствование технических средств и технологий гравийной обсыпки прифилтровой зоны скважин.

Исходя из поставленной цели, и в результате анализа состояния проблемы, сформулированы следующие основные задачи исследования:

1. Провести литературный обзор по плану:

1.1. Задачи, решаемые при гравийной обсыпке прифилтровой зоны технологических скважин.

1.2. Обзор технических и технологических решений для гравийной обсыпки прифилтровой зоны скважин различного назначения.

1.3. Обзор технологий гравийной обсыпки, применяемых производственными организациями, занимающихся бурением нефтяных и газовых скважин.

2. Провести экспериментальные исследования в лабораторных условиях.

3. Сформулировать выводы и рекомендации.

Методика решения поставленных задач основана на изучении и обобщении теоретических знаний по рассматриваемой проблеме, проведении опытно-лабораторных испытаний по разработке рецептуры состава для связывания гравия в дезинтегрируемом гравийном фильтре.

1. Теоретическая часть

1.1 Актуальность проблемы

Одной из главных проблем, возникающей во время эксплуатации скважин с неустойчивыми породами–коллекторами, является разрушение призабойной зоны пласта. Процесс разрушения призабойной зоны пласта сопровождается выносом частиц породы из пласта в скважину.

С проблемой пескопроявления занимались такие видные российские и зарубежные ученые, как: А.Н. Адонин, А.Д. Амиров, В.А.Амиян, Г.А. Бабалян, Ф. Боземан, В.В. Гольдштейн, С.В. Избаш, В.С. Истомина, К. Коберли, Р.И. Котяхов, С.М. Кулиев, М. Маскет, И.И. Маслов, Л.С. Мелик-Асланов, А.Х. Мирзаджанзаде, Д.М. Минц, А.Н. Патрашев, А.М. Пирвердян, Э.М. Рустамов, А.Б. Сулейманов, Н.Н. Шаньгин, А.А. Шахназаров, Ю.М. Шехтман и другие.

Интенсивный вынос твердой фазы из пласта приводит к абразивному износу подземного и наземного оборудования скважин, нарушения стойкости и обваливание пород в призабойной зоне, забивания песком защитных устройств, насосов, подъемных и хвостовых труб, переводников и прочего оборудования и образования песчаных пробок на забоях, что, в свою очередь, ведет к снижению производительности скважины вплоть до ее полной остановки. Последствия выноса песка представлены на рисунке 1.



Рисунок 1. Последствия выноса песка в скважину

Результаты лабораторных и промышленных исследований свидетельствуют, что количество песка, поступающего в скважину, растет по мере истощения газоносного коллектора и снижения пластового давления [1].

Механизм пескопроявления является очень сложным: на него влияет весь процесс окончания скважин, начиная от первичного вскрытия пласта и до начала добычи углеводородов. Негативное влияние факторов заканчивания скважин связано с изменением напряженного состояния песчаного коллектора [2].

Стратегия защиты погружного оборудования от пескопроявления должна учитывать взаимовлияние различных видов осложнений в конкретной скважине.

На практике целесообразность проведения противопесочных мероприятий принимается, обычно, с учетом экономических соображений в сочетании с оценкой возможных технологических осложнений. При этом учитываются возможные последствия от образования песчаных пробок и от выноса на поверхность песка, то есть оценивается влияние песочного «наждака» по всему пути следования, а также затраты на ремонтно-восстановительные работы в скважинах.

Наиболее серьезная угроза, которую представляет выносимый в скважину песок, заключается в возможности снижения производительности скважины ниже экономически оправданного уровня. Песок, который скапливается на забое или образует мостовую пробку, может уменьшить дебит скважины или полностью воспрепятствовать притоку пластового флюида, если скорости восходящего потока недостаточны для транспортировки песка на поверхность.

Содержащийся в продукции скважины песок эродировывает дорогостоящее скважинное и наземное оборудование, которое приходится заменять. Высокие издержки, связанные с потерей добычи во время замены или капитального ремонта суммируются с общими затратами.

Песок может эродировать и выводить из строя внутрискважинные предохранительные клапаны. Повреждение этих механизмов может стать причиной смертельных случаев и серьезного экономического ущерба, особенно в морских условиях и труднодоступных местах.

Эксплуатация скважин с выносом пластового песка на поверхность может способствовать образованию пустот за обсадной колонной, оставляя трубы без поддержки. Затем, в результате опускания и подвижек пластовой породы может развиваться неравномерное распределение сжимающей нагрузки на обсадную колонну, что ведет к ее смятию и изгибу. Вынос в скважину части пластового материала может привести к тому, что порода менее проницаемых пропластков заполнит пространство вокруг обсадной колонны, в результате произойдет значительное и необратимое снижение дебита.

Следовательно, вынос песка из пласта в скважину и на поверхность может оказаться чрезвычайно дорогостоящим и потенциально опасным. На данный момент обеспечение эффективного крепления неустойчивых коллекторов на отечественных месторождениях углеводородов, что позволит предотвратить вынесению горной породы на протяжении длительного периода эксплуатации скважин, является актуальной проблемой.

1.2 Методы борьбы с пескопроявлением

Существуют гидродинамический, химический, физико-химический, механический метод поступления песка из пласта в скважину. Применяется также комбинация этих методов.

Гидродинамический метод может быть применен в относительно устойчивых породах, когда за счет эксплуатации в умеренных режимах пескования можно избежать. Суть метода заключается в исключении возникновения значительных депрессий на пласт в ограниченные промежутки времени, приводящих к нарушению ранее устойчивой структуры пород. Величина критических депрессий для конкретных горно-геологических условий должна определяться по методике, аналогичной определению

критического градиента гидроразрыва пласта. Обычно эксплуатация скважин при ограниченном дебите экономически не выгодна.

Многочисленные меры борьбы с песком, которые имеют место в зарубежной практике, носят чисто профилактический характер, то есть применяются, как правило, до ввода скважин в эксплуатацию, и составляют неотъемлемую часть работ по окончанию скважин. Под этим термином понимают все операции с момента вскрытия продуктивного объекта до вызова притока жидкости или газа. Сюда входят: разбуривания продуктивного пласта, спуск и цементирование эксплуатационной колонны, установка гравийного фильтра (или других фильтров для борьбы с песком) и освоение скважины.

Осуществление различных профилактических мер борьбы с песком от самого начала ввода скважины в эксплуатацию обеспечивает высокую их эффективность. Опыт показывает, что для резкого повышения эффективности меры по ограничению поступления песка из пласта в скважину следует проводить до начала разрушения пород призабойной зоны.

К механическому методу относятся технологические процессы оборудования скважин различными забойными противопесчаными фильтрами или же образования фильтров на забое путем намыва фильтровальных материалов. Этот метод известен давно. Является наиболее простым, однако широкого технологического применение в практике газонефтедобычи не находил. В связи с введением в разработку месторождений с высоковязкими нефтями и развитием термических методов воздействия на пласт необходимость применения фильтров для предупреждения выноса песка из пласта приобрела актуальность.

Химический метод основан на искусственном закреплении горных пород различными вяжущими веществами, в основном полимерного типа (водорастворимая фенолформальдегидная смола СФЖ-3012, составы на основе сланцевых фенолов, состав на основе вспененных синтетических смол и другие), но относятся к наиболее дорогим, хоть и наиболее перспективным методам.

К физико-химическим методам можно отнести способ крепления коллекторов путем коксования нефти в призабойной зоне в результате ее полимеризации и способ термохимического крепления с применением гранулированного магнезита. Первый способ осуществляется заполнением через фильтр горячего воздуха и рекомендуется к применению при добыче высоковязкой нефти с неглубоко залегающих пластов.

Скважины, которые оборудуют средствами задерживания песка, могут иметь в продуктивном интервале или открытый забой, или перфорированную обсадную трубу. В случае открытого забоя целесообразно применять фильтры-хвостовики и намывные гравийные фильтры, а в скважинах с обсаженным продуктивным интервалом – намывной гравийный фильтр внутри обсадной колонны или осуществить крепление призабойной зоны смолой (рисунок 2).

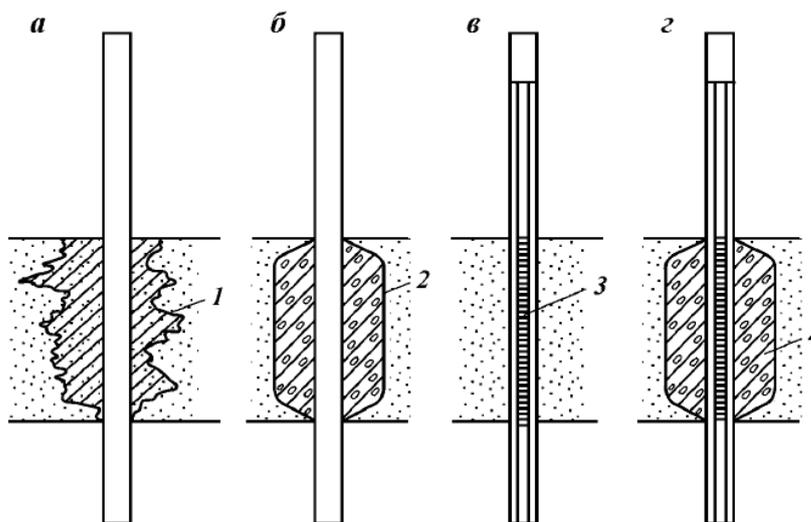


Рисунок 2. Типовые схемы предотвращения пескопроявления: а – крепление пород призабойной зоны 1 специальными составами; б – создание каверны 2, ее заполнение высокопроницаемым материалом с последующим закреплением специальными составами; в – экранирование пород призабойной зоны фильтром 3; г – экранирование пород призабойной зона фильтром через промежуточный слой гравия 4.

Для заканчивания скважин в продуктивных пластах с слабосцементированными породами (сыпучими песками) с целью борьбы с выносом песка необходимо:

- а) применение дырчатых фильтров или труб с просверленными в них отверстиями;

б) использование намывного забойного фильтра, изготовленного из песка (гравия) или другого материала;

в) заполнение затрубного пространства в интервале залегания продуктивного пласта гравием;

г) искусственное крепление песка в производительном пласте.

При этом первые два мероприятия сводятся к задерживанию уже вынесенного с пласта песка различными фильтровальными устройствами, а два других – до искусственного закрепления пород в призабойной зоне путем создания помехи между пластом и колонной труб или разделка пласта специальным вяжущим материалом.

1.3 Химические методы борьбы с пескопроявлением

Способ решения проблемы с пескопроявлениями в скважинах путем установки фильтров не всегда является целесообразным и экономически эффективным. Поэтому с целью повышения производительности и уменьшения затрат на текущий и капитальный ремонт скважин призабойную зону пласта преимущественно укрепляют химическими методами.

Химические методы основаны на искусственном закреплении пород в призабойной зоне скважин различными химическими составами. Известно, что проведение работ по креплению призабойной зоны пласта на этапе заканчивания скважин бурением или в начальный период эксплуатации (через 1-3 месяца после выхода из бурения) дает наиболее высокие результаты (позволяет получить успешность работ 70-90%).

На сегодняшний день отечественные и иностранные компании активно применяют для крепления слабосцементированных горных пород полимерные композиции, смеси цемента с различными наполнителями, синтетические смолы, а также смеси их с песком.

Наибольший интерес представляют смеси портландцементов, как наиболее дешевого и доступного вяжущего агента. Он нетоксичен, удобен в применении и формирует достаточно прочный камень, который сохраняет свои свойства во времени.

Но в пластах, содержащих глинистую фракцию (глинистый ил), введение в призабойную цементного раствора, как правило, не дает желаемых результатов в креплении пород, так как смесь цементного раствора с глиной не образует прочного цементного камня.

В отечественной и зарубежной практике используют технологии крепления горных пород различными вяжущими веществами полимерного типа. Это способы крепления синтетическими смолами, смоло-песчаными смесями, вспененными смолами, составами на основе фенолформальдегидной смол СФЖ-30-12, Контарен-2, сланцевого закрепителя. Основное отличие этих композиций заключается в использовании, в зависимости от типа смолы, различных наполнителей, которые определяют качество образованного полимерного фильтра, его проницаемость и время отвердевания.

Авторы работы [10] указывают, что многие технологии крепления призабойной зоны пласта с помощью синтетических смол не обеспечивают достаточно укрепления породы при одновременном сохранении проницаемости пласта. Использование составов на основе смол требует проведения дополнительных трудоемких операций по получению проницаемого состава для крепления неустойчивых пород, через некоторое время теряют прочность, дают посадку или сопровождаются выделением воды в продуктивный пласт, что ухудшает коллекторские свойства производительных пластов. Кроме того, они дорогие, дефицитные и экологически опасные.

Полимеры, которые используют для крепления слабосцементированных пород, должны иметь следующие характеристики: высокую адгезионную способность к минеральным зернам, которые составляют пласт; быть достаточно устойчивыми к влиянию кислот и пластовой жидкости при длительном контакте; продолжительность полимеризации должна обеспечивать возможность проведения ремонтно-изоляционных работ в полном объеме.

Основной задачей крепления призабойной зоны скважины является повышение ее прочности при сохранении или незначительном снижении фильтрационно-емкостных свойств коллектора для обеспечения высокого

дебита скважины. Поскольку химический способ, связан с введением в призабойную зону пласта вяжущих материалов различной физико-химической природы, то не следует ожидать восстановления естественной проницаемости пористой среды в полном объеме, однако совершенствование химических способов крепления слабосцементированных коллекторов может дать значительные результаты.

Важным показателем, определяющим эффективность скрепления песка, является способность пород сопротивляться разрушению под действием внешних сил. Для оценки этой характеристики определяют предел прочности пород на объемное сжатие [11].

Кафедрой «Разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений» Санкт-Петербургского государственного горного университета разработан способ крепления призабойной зоны пласта, который предотвращает вынос песка при незначительном снижении проницаемости газонасыщенного песчаника (на 11-13%) [12].

Основным преимуществом химических методов является возможность проведения кратковременного ремонта в действующих скважинах и относительно низкая стоимость по сравнению с механическими и физико-химическими методами.

Анализ отечественных разработок и патентных публикаций на эту тему свидетельствует о наличии большого количества способов для крепления ПЗП, однако в зависимости от технологических и геологических параметров скважины эффективность их сильно отличается. В целом успешность работ по креплению призабойной зоны остается низкой и составляет 50-60%.

Составы, которые используются, и технологии для крепления ПЗП не позволяют полностью решить проблему борьбы с разрушением пород (низкая прочность закрепленной зоны, небольшой межремонтный период эксплуатации, значительное снижение проницаемости пласта в зоне крепления, токсичность многих реагентов, большие материальные затраты и др.). Актуальной проблемой является необходимость поиска новых вяжущих

материалов (или их модификаций), направленных на повышение качества крепления неустойчивых пород-коллекторов.

1.4 Физико-химические методы борьбы с пескопроявлением

Физико-химические методы закрепления коллекторов основаны на применении физических (температура, перепады давления и т.д.) и химических (химические реагенты и продукты реакции) методов – коксования нефти в призабойной зоне в результате ее полимеризации, создание пропантового фильтра в призабойной зоне скважины, обработка призабойной зоны пласта реагентами с последующей термической обработкой, проведения гидроразрыва пласта с последующим закреплением трещины [13].

Метод коксования нефти в ПЗП применяют на ранней стадии эксплуатации месторождений с высокой вязкостью нефти и небольших глубинах залегания пластов. Для большинства месторождений, находящихся на завершающей стадии разработки, этот метод неприемлем из-за высокой стоимости [13].

Для скважин с интенсивным пескопроявлением, что приводит к образованию каверн в ПЗП, испытана технология крепления на основе малотоннажного гидравлического разрыва пласта (ГРП) с использованием РСР-пропанта массой до 5 т. Суть этой технологии [4] заключается в создании в призабойной зоне хорошо проницаемого экрана за эксплуатационной колонной и в пласте, который препятствует вынесению незацементированного мелкодисперсного песка.

Недостатками этого метода являются сравнительно большие затраты пропанта на одну скважину, вынос пропанта в скважину, сложность работы с низкотемпературными скважинами, тщательный подбор активаторов.

Применение физико-химических методов борьбы с выносом песка из пласта еще не вышло за пределы экспериментальных работ и не нашло широкого распространения.

1.5 Механические методы борьбы с пескопроявлением

Наиболее простыми и доступными методами предотвращения поступления песка из пласта в скважину являются механические, которые получили наибольшее распространение [3]. К ним относят технологические процессы оборудования скважин различными противосочными фильтрами или создания фильтров на забое путем намыва фильтрующих материалов. Суть использования фильтров заключается в задерживании частиц песка продуктивного пласта вокруг отверстий искусственного фильтра. Фильтр должен задерживать 70-80% (по массе) крупных частиц породы пласта и пропускать мелкие частицы (не более 20-30%). При этом условии будет сохранена механическая устойчивость скелета пласта, так же следует пытаться задерживать все частицы породы. Фильтр должен пропускать пластовые флюиды и создавать при этом минимальное гидравлическое сопротивление, предотвращать проникновение твердой фазы в скважину, образование песчаных пробок на забоях и существенному снижению дебита скважины [4].

По конструкции и технологии изготовления различают трубные, гравийные и металлокерамические фильтры.

Трубные фильтры изготавливают из труб и опускают в скважину на обсадных трубах при сооружении скважины или с помощью колонны НКТ внутрь обсадной колонны. Их разделяют на простые (с размерами отверстий 1,5-20 мм и щелей 0,4–0,5 мм на трубе) и сложные, образованные намоткой проволоки (проволочные), колец (кольцевые) и фильтропакетов.

Самыми дешевыми являются щелевые фильтры, представляющие собой трубу с разным размещением горизонтальных или вертикальных щелей (рисунок 3).

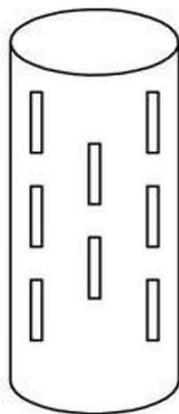


Рисунок 3. Скважинный щелевой фильтр

Щелевые фильтры, несмотря на дешевизну, получили ограниченное применение вследствие малой исходной площади, подверженные коррозии и эрозии, поскольку изготавливают в основном из низкоуглеродистой стали [5]. Недостатком щелевых фильтров является также снижение производительности скважин и сложность извлечения фильтров на поверхность.

Проволочные фильтры являются более совершенными, представляют собой трубу с большим количеством радиальных отверстий или пазов, на наружной поверхности которой навивается калиброванная проволока круглого или трапецеидального сечения (рисунок 4).

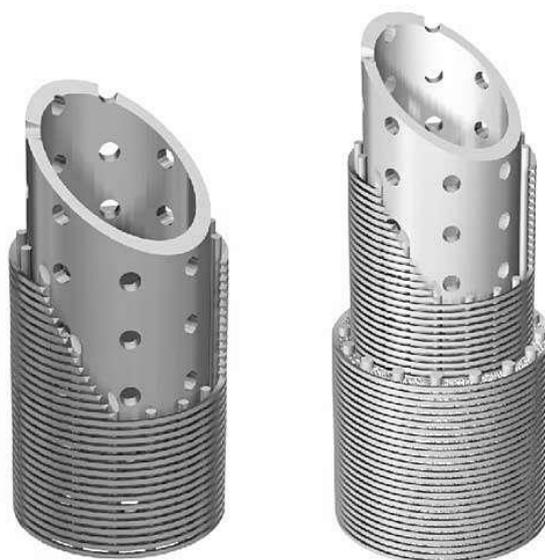


Рисунок 4. Скважинный проволочный фильтр

Эффективными являются скважинные проволочные фильтры СП "УСС", которые позволяют сохранять структуру и проницаемость пласта, предотвращать обвалам, уменьшить износ скважинного оборудования [6].

Проволочные фильтры меньше подвержены эрозии и коррозии по сравнению с щелевыми фильтрами, имеют более высокую пропускную способность, однако стоимость проволочных фильтров больше щелевых.

Сетчатые противопесочные фильтры используют в скважинах с открытым забоем. При изготовлении сетчатых фильтров используют сетки из нержавеющей, химически стойкой стали (рисунок 5).



Рисунок 5. Скважинный сетчатый фильтр

С 1993 года используют сетчатый фильтр УППСС-168, разработанный специалистами ПО "Надымгазпром". Фильтр состоит из трех типоразмерных труб и узла очистки скважинного фильтра [7].

Так же широко используют предварительно напряженные фильтры, расширяющиеся. Такие фильтры характеризуются более плотным запаковыванием зерен гравия и эффективнее предотвращают разрушение призабойной зоны пласта в процессе эксплуатации скважины.

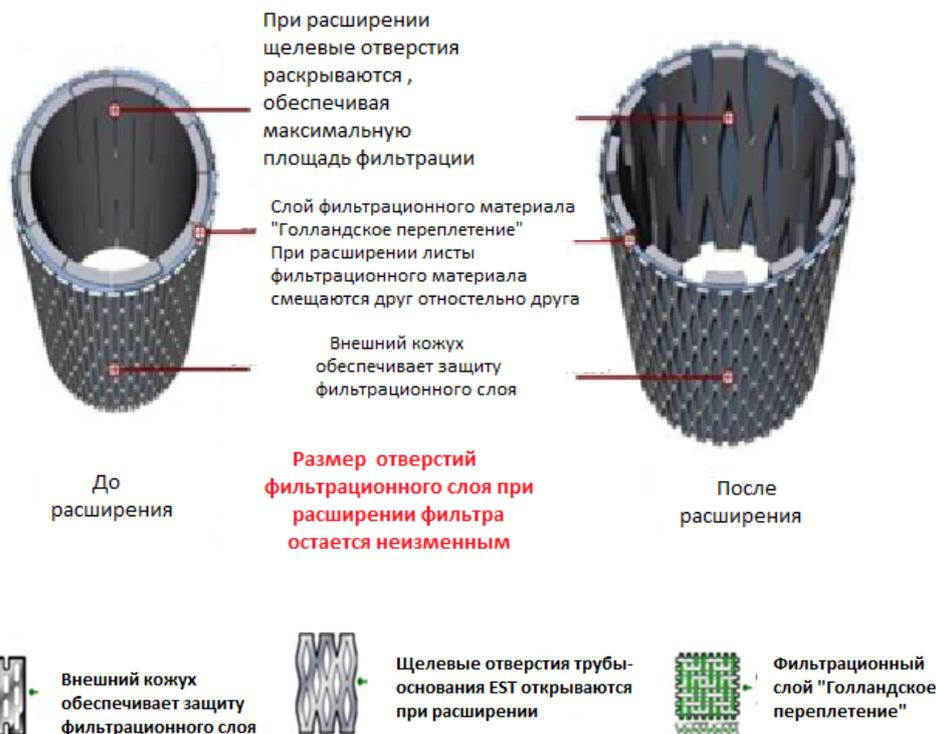


Рисунок 6. Расширяющийся фильтр ESS компании «Weatherford»

Одними из перспективных фильтров предотвращения выносом песка из пласта являются металлокерамические фильтры. Их изготавливают путем прессования металлического порошка и керамики в стальных пресформах, которые имеют форму фильтрующих элементов, с последующим спеканием в печах при высокой температуре (1200°C) в среде водорода. Металлокерамические фильтры характеризуются коррозионной стойкостью, теплостойкостью и теплопроводностью, им свойственна достаточно высокая прочность и пластичность, что дает возможность выдерживать высокие перепады давления, обладают малым гидравлическим сопротивлением и задерживают мельчайшие фракции песка.

На отечественных месторождениях углеводородов сегодня самым распространенным является установка механических скважинных фильтров (титаномагниевого, щелевого, лавсанового, стеклопластикового на алюминиевом каркасе, стеклопластикового и т. п.).

Анализ работы скважинных фильтров, выпускаемых отечественной и зарубежной промышленностью, показал, что они должны соответствовать таким основным требованиям:

- обеспечение заданного уровня эксплуатационных характеристик;
- достаточная механическая прочность и устойчивость;
- обеспечение заявленной степени фильтрации;
- обеспечение низкого гидравлического сопротивления;
- возможность проведения механической или химической очистки фильтра (регенерации) без извлечения его из скважины.

Анализ результатов исследований по этому направлению выявил следующее: использование фильтров имеет ряд недостатков, которые ведут к снижению потенциального дебита, засорения механическими примесями (песок, ил), бактериологического зарастания и коррозии фильтров. Увеличение рабочей депрессии на пласт для обеспечения необходимого дебита газа приводит к разрушению фильтра, образования локальных каналов фильтрации и интенсификации выноса песка. Кроме того, использование фильтров связано с применением пакера, его надежной герметизации [8].

Там, где щелевые и проволочные фильтры не могут задерживать частицы тонкозернистого песка, широко распространенным и эффективным способом задерживания песка является использование щелевых фильтров с внешней гравийной обсыпкой. Гравий предотвращает поступлению пластового песка, стабилизируя и поддерживая поверхность каверны в пласте и не давая песку двигаться.

Засыпка гравия вокруг сетчатого фильтра обеспечивает ряд дополнительных преимуществ. Гравийная набивка часто создается для того, чтобы увеличить размер частей и проницаемость материала в зоне, которая непосредственно прилегает к сетчатого фильтра в скважине. После определения размера частичек гравия для предотвращения выноса песка из пластов можно оценить размер отверстий сетки, которая необходима для удерживания частиц гравия. Основные задачи создания гравийной набивки – увеличение производительности скважин, уменьшение выноса из пласта песка и мелкодисперсного материала через сетку, а также уменьшение скорости

образования осадка на стенках труб при использовании сетчатых фильтров с большими отверстиями.

Заканчивая скважин с созданием гравийного фильтра в необсаженном призабойном интервале, составленном слабосцементированными песчаниками, признан наиболее эффективным методом предотвращения пескопроявлений и обеспечение длительной эксплуатации высокодебитных скважин без снижения их производительности и остановок на ремонт.

Гравийные фильтры достаточно долговечны срок эксплуатации фильтров составляет 5 лет. Недостатком гравийных фильтров является снижение производительности скважин (через образование непроницаемого массива между фильтром и стенкой скважины) и сложность извлечения фильтров на поверхность.

Приведенные материалы свидетельствуют о большом количестве трубных и гравийных фильтров, которые применяют в скважинах для предотвращения поступления песка из пласта в скважину. Наибольший интерес представляют гравийные фильтры так они по сравнению с другими видами фильтров являются более надежными и долговечными.

1.6 Комбинированные методы борьбы с пескопроявлением

Комбинированные методы предполагают использование механических фильтров и химическое закрепление зерен песка [14].

В конце 90-х годов прошлого века для борьбы с выносом песка использовали комбинированный метод, который включает следующие операции:

- изоляцию «старой» части пласта с заполнением произведенной каверны цементом;
- перенос фильтра выше уровня водонефтяного контакта (ВНК);
- наработка каверны для последующего намыва гравийного фильтра;
- заполнение пространства между противоположными фильтрами и обсадной колонной гравийно-песчаной смесью.

Недостатками этого способа являются высокая стоимость, большой срок ремонта, длительный выход скважин на заданный режим эксплуатации через закачку большого объема воды при намывании гравийного фильтра.

Также известен способ крепления неустойчивых пород нагнетанием в ПЗУ смеси песка с намагниченными шариками малого размера. В пласте шарики притягиваются между собой и создают каркас, который удерживает частицы песка. Недостатком этого метода является сложность подачи магнитных шариков с песком в скважины.

1.7 Выбор способа предотвращения поступления песка из пласта в скважину

При выборе способа предотвращения поступления песка из пласта в скважину учитывают ряд факторов. Большое значение имеет конструкция забоя скважины. При заканчивании скважин с открытым забоем, как правило, используют механические или комбинированные методы. Химические методы закрепления песка применяют, в основном в новых скважинах. При выборе способа борьбы с выносом песка учитываются температурные ограничения. Для химических методов допустимые пределы температур составляют 16-175 °С, для механических методов ограничений нет, кроме тех случаев, когда при образовании набивок используют нефть, загущенные растворы [15].

1.8 Гравийные фильтры

Как уже говорилось ранее, гравийные фильтры являются наиболее эффективным способом предотвращения пескопроявлений, они используют как в России так за рубежом. У гравийных фильтров фильтрующая поверхность состоит из искусственно введенного гравия (песка), размещенного вокруг опорных фильтров-каркасов [5].

Гравийные фильтры разделяют на:

- а) подвесные гравийно-трубные, которые созданы на поверхности (слой гравия в зазоре между двумя концентрическими перфорированными трубами);
- б) гравийно-намывные, которые созданы в скважине (намыв слоя твердых частиц по стенке перфорированной трубы).

Гравийные фильтры могут эффективно работать только при правильно подобранной ширины щелей или размеров зерен гравия (точнее, песка с размерами частиц) с учетом гранулометрического состава пластового песка. Важны и другие параметры, в частности характеристики гравия, степень уплотнения и качество материала, конфигурация щелей и конструкция фильтров.

Размер зерен гравия выбирают на основе ситового анализа образцов пластового песка. Основное условие – диаметр зерен гравия должен превышать в десять раз размер зерен песка, который составляет производительный пласт. Чтобы полностью задерживать все пластовые песчинки, необходимо при выборе гравия ориентироваться на тончайшие фракции пластового песка, присутствующие в продуктивном интервале [5]. Ученый Роджерс рекомендует использовать гравий, который состоит не менее, чем на 95% из кварца и силикатных материалов, а в нем не должны содержаться «мягкие» или «грунтовые» минералы, такие как сланцы, гипс или ангидрит [16].

Плохое качество гравийного материала неблагоприятно влияет на производительность скважины.

К факторам, влияющих на проницаемость гравия относят: размер и форма частей, пористость, распределение зерен по размерам.

При одновременной эксплуатации нескольких пластов, среди которых только некоторые необходимо оборудовать гравийными фильтрами, большее предпочтение придают гравийным фильтрам, изготовленные на поверхности.

1.8.1 Гравийно-подвесные фильтры

Подвесные гравийные фильтры задерживают тонкий плоский песок без внешней гравийной обсыпки. Подвесные гравийные фильтры имеют внутренний слой гравия, задерживающий пластовый песок. Слой гравия иногда закрепляют смолой. Фильтры не устанавливают внутри обсадной колонны, поскольку тогда необходимо делать наружную гравийную обсыпку для заполнения за ними перфорационных каналов и каверн гравием, иначе произойдет значительное снижение производительности.

К основным типам гравийных фильтров, сооружаемых на поверхности, относятся кожуховые, корзинчатые и блочные конструкции. Наиболее важным преимуществом конструкций гравийных фильтров, сооружаемых на поверхности, – возможность формирования вокруг каркаса фильтра гравийного слоя высокого качества с заданными параметрами при постоянном визуальном контроле. При этом исключается вероятность проявления таких часто встречающихся на практике осложнений, как расслоение гравия в вертикальном сечении фильтра, образование открытых каналов и пустот. Существенно уменьшается доля инородных примесей, поступающих в гравийный фильтр до освоения скважины, от объёма которых зависит сопротивление гравийного слоя, а следовательно, и его качество.

Наряду с очевидными преимуществами гравийных фильтров, сооружаемых на поверхности, они характеризуются и существенными общими недостатками, значительно сужающими рациональную область их применения. Установка в скважине блочных, кожуховых и корзинчатых конструкций вызывает необходимость бурения скважины большого диаметра.

Установка в скважине блочных, корзинчатых и кожуховых фильтров требует дополнительных затрат на бурение скважины и ее крепление до кровли продуктивного пласта значительно большего диаметра. Чем предусмотрено в типовых конструкциях нефтегазоносных скважин.

Конструкция гравийных фильтров, сооружаемые на поверхности, отличаются по способу закрепления гравийного слоя относительно каркаса. Слой гравийных частиц в кожуховом фильтре закрепляется относительно каркаса с помощью специального кожуха (рисунок 7 б). Функцию кожуха обычно выполняет сетка галунного или квадратного плетения, обмотанная вокруг каркаса таким образом, чтобы выдерживать равномерный зазор между сеткой и каркасом фильтра по высоте и радиусу. На 30-40 мм под нижними отверстиями каркаса фильтра устанавливается фланец, к которому жестко закрепляется сетка. Наружный диаметр фланца на 8-10 мм должен превышать диаметр кожухового фильтра с учетом его безлопастной установки в скважине.

Фланцы устанавливаются на каркасе с шагом, соответствующим ширине сетки. Заполнение кольцевого пространства между сеткой и каркасом осуществляется через верхний торец фильтра, который после уплотнения гравийного материала жестко прикрепляется к каркасу на 3—40 мм выше его верхних отверстий. Жесткое закрепление сетки на каркасе может осуществляться хомутами. Однако при таком закреплении сложнее сохранить целостность фильтра в процессе его установки в скважину.

Недостатками кожуховых фильтров являются – их повышенное сопротивление фильтрации. Кроме этого, в процессе эксплуатации такие фильтры склонны к быстрому засорению. В процессе спуска кожуховые фильтры могут деформироваться, что приводит к образованию неравномерного по толщине гравийного слоя, а иногда и к формированию открытых каналов и пустот, оголению некоторых отверстий каркаса, их непосредственному контакту с песком продуктивного пласта, и как следствие – к пескованию скважины в процессе эксплуатации.

В корзинчатых фильтрах гравийный слой удерживается около отверстий каркаса под давлением сил тяжести (рисунок 7 а). У каждого ряда отверстий каркаса устанавливаются специальные корзинки, которые жестко крепятся к каркасу ниже отверстий и имеют открытый торец выше отверстий. На поверхности через открытый торец в корзинки засыпают гравий, который под действием сил тяжести удерживается в процессе спуска фильтровой колонны. Корзинчатые фильтры, как правило, имеют сложную и надежную конструкцию, которая при спуске фильтра разрушается, что приводит к высыпанию части гравия из корзинок, неравномерному экранированию каркаса фильтра гравием относительно песка продуктивного пласта. Все это свидетельствует о неудовлетворительном качестве фильтра. Корзинчатые конструкции вследствие отмеченных недостатков практически не нашли применения в практике.

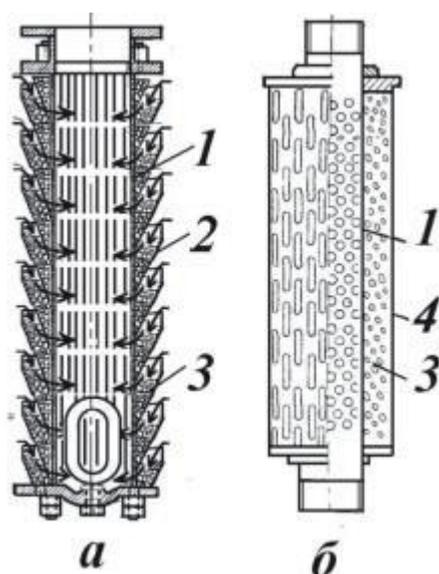


Рисунок 7. Фильтры гравийные: а – корзинчатый, б – кожуховый, 1 – трубчатый каркас; 2 – корзинка; 3 – гравий; 4 – удерживающая оболочка

В блочных конструкциях гравийных фильтров предусматривается закрепление гравийного слоя относительно каркаса и частиц друг с другом с помощью различных клеев. Блочные конструкции чаще применяются в практике, чем кожуховые и корзинчатые, Гравийный материал склеивают на поверхности в кольцевые блоки, которые затем надевают на каркас и жестко прикрепляются к нему с помощью клея или фланцев. Основное требование к блочным фильтрам – надежность применяемых клеев, обуславливающих целостность фильтрационной поверхности и эффективность эксплуатации в целом.

В качестве материала, скрепляющего зерна гравия, используют обычно клеи типа БФ и эпоксидные смолы. Несмотря на обилие клеев, пока не существует рецептуры, обеспечивающей гарантированное сохранение фильтрационной поверхности в процессе транспортировки к месту работ и спуска в скважину. Блочные фильтры боятся ударных нагрузок, которые вызывают разрушение структуры блоков. Следовательно, при использовании блочных гравийных фильтров необходимо предъявлять специальные требования к процессу транспортировки блоков и спуску фильтров, что значительно удорожает работы.

Кроме этого, блочные фильтры имеют меньшую проницаемость, чем простой слой гравия данной толщины определенного гранулометрического состава. Это объясняется тем, что часть пор заполняется клеем, формируются тупиковые поры. Эффективная пористость гравийного слоя уменьшается за счет либо полного перекрытия целого ряда фильтрационных каналов клеем, либо их сужения. Эксплуатационные характеристики такого фильтра значительно ниже возможных значений даже при условии сохранения целостности фильтрационного слоя в процессе транспортировки и спуска. Очевидно, что при формировании блочных фильтров гранулометрический состав гравия должен выбираться по методике, отличной от традиционного подхода к подбору гравия. Коэффициент межслойности таких конструкций должен превышать рекомендуемые коэффициенты межслойности для гравийных фильтров. К сожалению, научно обоснованных рекомендаций по этому вопросу нет.

1.8.2 Гравийно-намывные фильтры

В промышленной практике для борьбы с выносом песка из пласта в скважину широкое применение получили гравийно-намывные фильтры. Таков фильтр представляет собой щелевой фильтр-каркас, кольцевое пространство между которым и стенкой скважины заполняют гравием. Намыв гравия может осуществляться под давлением. В этом случае создается напряженный фильтр, при использовании которого не происходит разрушение пласта под действием сдвига и растяжения. Размер щелей фильтра-каркаса выбирают в зависимости от гранулометрического состава пород пласта и размера фракций гравия.

Длина фильтра-каркаса определяется из условия перекрытия им всего интервала продуктивной части пласта-коллектора. В зависимости от геолого-технических условий гравийно-намывные фильтры устанавливают в открытом стволе, перфорированной части обсадной колонны или в расширенной призабойной зоне.

Известен способ создания гравийного фильтра в скважине, он включает раскрытие продуктивного пласта, оборудование забоя перфорированной

обсадной колонной, намыв гравия в пространство обсадной колонны в интервале перфорации и в пространство каверны за обсадной колонной с гидроуплотнением призабойной зоны пласта (ПЗП) [17]. Для предотвращения нарушения компактности структуры песка в ПЗП с образованием каверны вокруг ствола скважины за счет оттеснения от ствола скважины пластового песка под давлением на пласт загоняют высоковязкую жидкость-сшитый гель. Затем в образованную каверну и в ствол скважины под давлением намывают гравийную засыпь с высокопроницаемой намывной фракцией, которая служит противопесочным экраном для пластового песка при работе скважины, выполненную из полимерного материала с плотностью превышающей плотность пластового песка, по меньшей мере, в 3,5 раз. При этом одновременно выполняется условие по составу гравийного фильтра в зависимости от гранулометрического состава пластового песка.

Методы намыва гравия внутри обсадной колонны разделяют на двухэтапные и одноэтапные. В первом случае намыва гравия в перфорационные каналы проводится в виде отдельной операции. Во втором случае обе операции (намыв гравия в перфорационные каналы и вокруг фильтров) проводятся тогда, когда на забое уже установлен проволоочный или щелевой фильтр.

Для более эффективного ввода гравия в каждый перфорационный канал большого значения приобретают состав жидкости-носителя и метод обработки. Эффективность транспортировки улучшается при низких концентрациях песка и высоких расход воды.

В условиях аномально низкого пластового давления и высокой проницаемости продуктивного пласта установки гравийных фильтров с использованием традиционных технологий затруднено из-за интенсивных поглощений производительными пластами жидкости-песконосителя. Качественно решить данную проблему позволяет, разработанная в ОАО "СевКавНИПИгаз", технология установки гравийных фильтров в газовой среде [9]. Технология обеспечивает сохранность коллекторских свойств

продуктивного пласта в процессе сооружения гравийного фильтра за счет использования в качестве агента-песконосителя природного газа, который загоняют в пласт.

Наиболее широко используют гравийные фильтры с верхним и нижним намывом. В обоих случаях в центральной части устанавливают механический фильтр, который является трубой с просверленными отверстиями, обмотанными проволокой. Длина механического фильтра должна превышать продуктивную зону пласта на 3 м, внутренний диаметр фильтра составляет 19-32 мм при условном диаметре колонны лифтовых труб, через которую спускается фильтр 73 мм. Конструкцию гравийного фильтра выбирают с учетом условий эксплуатации скважины, а также возможности его изъятия в дальнейшем [18].

Намыв гравийного фильтра выполняют с применением колтюбинговой трубы в тех случаях, когда буровая установка уже демонтирована, дебит скважины мал, использовать агрегаты для подземного ремонта стандартного типа экономически нецелесообразно, а пласт характеризуется высоким давлением, и его глушения нежелательно. Выбор гранулометрического состава гравийного фильтра осуществляют по тем же соображениям, что и при традиционной технологии [18].

Сооружением гравийно-намывных фильтров на месторождениях и подземных хранилищах газа с 1983 году занимается предприятие "ВНИИгаз" (м. Москва). С тех пор гравийными фильтрами обустроено более 400 скважин на Касимовском, Щелковском, Краснодарском, Базайском и других подземных газохранилищах, а также на Уренгойском нефтегазоконденсатном месторождении.

Успешное проведение работ по намыву гравийных фильтров, качество намывных фильтров зависят от выполнения всех технологических требований к процессу намыва. Одна из основных требований – оптимальное регулирование подачи гравия в скважину как по темпам, так и по общему его количеству. Контролировать процесс намыва – это контролировать темп закачки и

количество гравия. Принципиально существуют два основных метода контроля: массовым расходомером или по динамике уровня гравия в бункере [18].

Гравийные фильтры, создаваемые на забое при всех достоинствах, не всегда обеспечивают высокого качества гравийной обсыпки. При этом для обеспечения необходимой толщины засыпки требуется увеличение диаметра скважины и расширения фильтровой зоны скважины. Все это приводит к увеличению временных и финансовых затрат.

1.8.3 Гравийная набивка

В последнее время получили распространение проволочные фильтры с гравийной набивкой, чтобы отказаться от процедуры намыва-гравия. Такие фильтры уменьшают затраты на подготовку скважины и увеличивают скорость монтажа хвостовика с фильтрами. Результаты многочисленных исследований использования фильтров с предварительной гравийной набивкой свидетельствуют об их практической ценности при условии правильного подбора параметров набивки в зависимости от условий эксплуатации скважины. Фильтрами с гравийной набивкой начали интенсивно использовать на многих нефтяных промыслах. Они особенно эффективны в скважинах, в которых добывается вместе с нефтью вода [6].

В качестве материала для гравийной набивки наиболее привычным является природный песок, но это не единственный используемый материал. При использовании песка могут иметь место два механизма его разрушения: химическое растворения кремнезема горячими высокощелочными жидкостями (особенно на месторождениях, где применяется закачка пара для добычи нефти) и дробление его, которое сопровождается образованием мелких обломков, кольматирующих гравийную набивку.

Как гравийные набивки могут быть использованы без каких-либо осложнений следующие материалы:

а) силиконовые материалы – специально приготовленные пески, пески с внешним покрытием (молибденом, графитом или эпоксидной смолой) и силикаты (стеклянные шарики, карборунд и гранат);

б) алюминиевые материалы-спеченный боксит, корунд;

в) углеродные материалы – антрацит.

Также материал для гравийной набивки может содержать кремний. Это особенно важно для пластов, которые содержат сильно минерализованную воду.

Гравий, используемый для гравийной набивки, должен быть чистым, с довольно круглыми, гладкими и однородными зернами. Такие характеристики гравия способствуют увеличению проницаемости и пористости набивки.

Размер частиц гравия при выполнении гравийной набивки выбирают так, чтобы предотвратить поступлению песка из пласта в скважину.

В США во время выбора размера зерен гравия для набивки, а также фильтра, обычно руководствуются следующими соображениями [19]: частицы гравия должны быть не более, чем в 5-6 раз большими пластовых частиц, с вынесением которых ведется борьба; фильтр должен эффективно задерживать мельчайшие частицы гравия для гравийной набивки желательно использовать гравий с округлыми зернами.

В процессе проектирования гравийного фильтра необходимо учитывать плотность перфорационных каналов наряду с проницаемостью гравийной набивки и потенциальную продуктивность пласта предсказуемым способом эксплуатации [19].

Для гравийной набивки используют песок с размером зерен 0,84-1,67 мм. Когда из скважины выносятся песок с содержанием мелких фракций в количестве 5% и более, для набивки используют мелкий песок с размером зерен 0,42-0,84 мм.

Химическая подготовка пласта для создания гравийной набивки включает многочисленные процессы и определяется индивидуальными характеристиками конкретной скважины.

Сначала использовали простую технологию создания гравийной набивки – гравий закачивали с водой. Поскольку допустима концентрация гравия в воде составляла 120 кг/м³, в скважину закачивали большие объемы воды, чтобы обеспечить перенос на забой достаточного количества гравия. В этих условиях в пласт поступал значительный объем воды, что вызвало ухудшение проницаемости для нефти и газа в призабойной зоне. Недостатком использования воды в качестве жидкости была также высокая скорость закачки, которую необходимо поддерживать для предупреждения свободного оседания гравия и закупорки колонны НКТ.

В настоящее время используют очень вязкие жидкости, способные переносить гравий в высоких концентрациях. Преимущество этого метода – сохранение чистоты пласта. Поскольку с загущенного раствора гравий быстро не оседает, закачку суспензии в скважину можно выполнять с малой скоростью. Итак, меньшее количество потенциально загрязняющих веществ в пласт.

В отечественной практике накоплен положительный опыт использования фильтров с гравийной набивкой для предотвращения пескопроявлений (РД 39-1-1113-84, НПО "Союзтермнефть"). Технология опробована на месторождениях Казахстана и Азербайджана и позволила в 5-10 раз уменьшить поступление механических частиц в добывающие скважины и в 2-3 раза увеличить межремонтный период работы скважины [19].

Фильтр типа ФСК-ПГ с гравийной набивкой предотвращает поступление песка в процессе эксплуатации скважин с неустойчивыми коллекторами. Конструкция фильтра предусматривает возможность его эксплуатации без внешнего гравийного засыпка [20].

2. Экспериментальная часть

Так как создаваемые на поверхности гравийные фильтры (блочные, кожуховые, корзинчатые) относительно малоэффективны, быстро кольматируются, кроме того, они сложны и дорогостоящие при производстве и имеют трудности в установке в скважину, необходимо разработать оптимальный метод доставки гравия на забой, лишенный данных недостатков.

Для увеличения эффективности обустройства фильтровой части скважины при сооружении скважин проводились исследования по созданию и разработке дезинтегрируемого гравийного фильтра. Дезинтегрируемый гравийный фильтр – это пачка гравия в связанном состоянии, который растворяется в углеводородной среде или в других известных науке растворителях, при этом имеющий прочную структуру.

Преимущества применения данной технологии перед другими вариантами гравийной обсыпки:

- Надежность доставки гравийного фильтра.
- Предотвращение оседания гравия выше фильтровой зоны (в трещинах, кавернах и сужениях ствола скважины).
- Плотная и равномерная усадка гравия по высоте и периметру водоприемной части фильтра (предотвращение образования пустот).
- Снижаются трудозатраты на сооружение скважины.
- Возможность дифференциации фракций гравийного фильтра по размеру.

Объектом исследования является совершенствование состава и технологии изготовления ДГФ.

Цель исследования – совершенствование технических средств и технологий гравийной обсыпки прифильтровой зоны скважин.

Задачи исследования:

Разработка рецептуры состава для связывания гравия в дезинтегрируемом гравийном фильтре.

Для формирования гравийных образцов фильтра использовали кристаллическое вяжущее вещество.

Объектом исследования является состав дезинтегрируемого гравийного фильтра.

Дезинтегрируемый гравийный фильтр – изделие, представляющее из себя смесь гравия, связующего вещества и(или) удерживающей оболочки, закрепленное на фильтровой трубе, которое по истечении заданного времени растворяется с последующим осыпанием гравия в зону продуктивного пласта.

Требования, предъявляемые к конструкции ДГФ:

- растворение ДГФ должно достигаться в пределах 5–10 часов после начала спуска в скважину;
- конструкция ДГФ не должна нарушаться в процессе спуска обсадной колонны;
- обеспечение минимальных гидравлических сопротивлений при спуске ДГФ в технологическую скважину;
- возможность легкой надежной сборки ДГФ с обсадной колонной;
- осуществление качественного однородного уплотнения гравийного фильтра в фильтровой части скважины.

2.1 Методика изготовления образцов дезинтегрируемого гравийного фильтра

При изготовлении образцов использовали мелкий гравий с частицами от 1 до 5 мм. Образцы были изготовлены в процентном соотношении гравия и кристаллического вяжущего вещества. Гравия использовалось 400 грамм на одну балочку, а кристаллического вяжущего вещества 25%, 35%, 50% и 70% к отношению гравия. Для точного процентного соотношения гравия и связующего компонента (кристаллическое вяжущее вещество) взвешивали на лабораторных весах ViVA AJ-220CE. Гравий нагревали до определенной температуры, после его смешивали с расплавом кристаллического вяжущего вещества. Смешанную смесь заливали в металлическую форму (рисунок 8) и оставляли на сутки для застывания.



Рисунок 8. Форма балочек ЗБФ-40

2.2 Результаты экспериментальных исследований

Было проведено исследование применения кристаллического вяжущего вещества для связывания гравия. Основная задача исследования: получение прочносвязанной структуры для возможности транспортировки на забой скважины, а также способность растворения в углеводородной среде или иных растворителях.

Были изготовлены образцы различной концентрации компонентов (таблица 1) для выбора более оптимального, который отвечал бы прочностным и растворяющимся требованиям.

Таблица 1–Концентрация компонентов

Состав образца	Концентрация компонентов %			
	Гравий	100	100	100
Кристаллическое вяжущее вещество	25	35	50	70

Проверка на прочность

Для выяснения прочностных свойств образцы были проверены на сжатие и изгиб, испытания проводились на машине E159-01N (рисунок 9). По результатам проверки на прочность были построены графики, которые представлены на рисунках 10-11.



Рисунок 9. Машина для испытания на сжатие до 250кН (E159-01N)

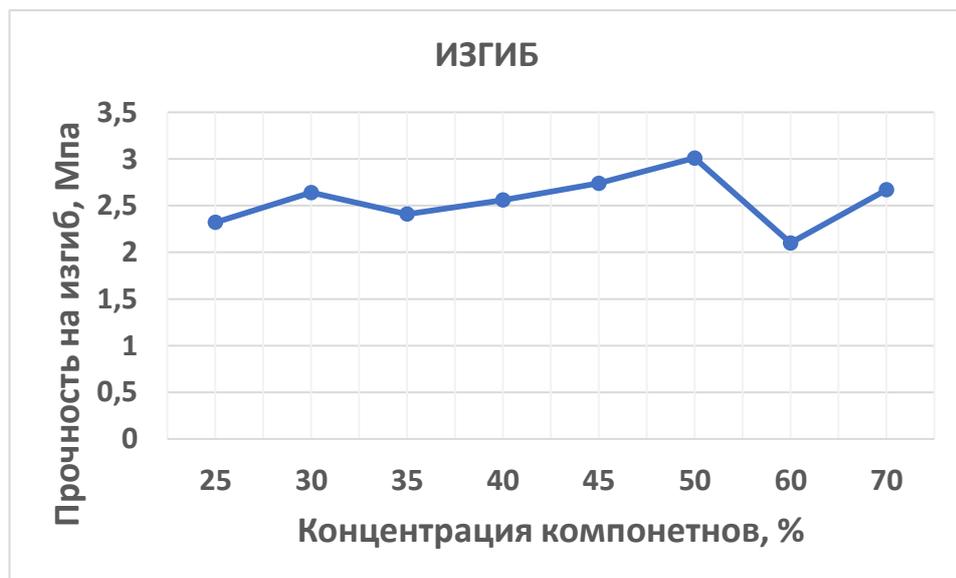


Рисунок 10. Прочность образцов на изгиб

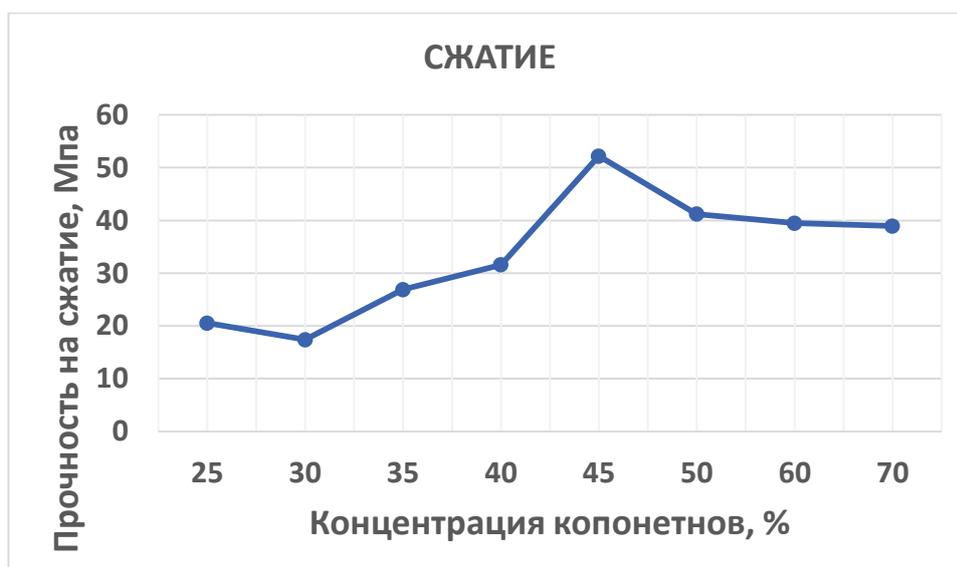


Рисунок 11. Прочность образцов на сжатие

По полученным данным был сделан вывод, о том, что структура из кристаллического вяжущего вещества в качестве связующего компонента гравия является достаточно прочной. Наибольшую прочность показали образцы с 40-50% концентрацией компонентов.

Проверка на растворение

Следующим этапом исследования состояло в том, чтобы найти оптимальный растворитель для данной рецептуры, который отвечал бы требованиям предъявляемые к конструкции дезинтегрируемого гравийного фильтра.

Проверка проходила в два этапа, на одну партию образцов был нанесен тонким слоем расплавленный битум, а вторая партия образцов оставалась без изменения. Битум наносили заранее и выдерживали сутки для его застывания. Образцы помещались в пластмассовые емкости и заполнялись подобранными растворителями.

Для проверки образцов на растворение были выбраны следующие вещества:

7. Вода.
8. Глинистый раствор.
9. Нефть

Для растворения использовались образцы с разной концентрацией компонентов. Время растворения образцов представлены в таблице 2.

Таблица 2–Время растворения образцов

Растворитель	Вода				Глинистый раствор				Нефть
Концентрация компонентов	25%	35%	50%	70%	25%	35%	50%	70%	25-70%
Время растворения	1 ч. 12 мин.	1 ч. 59 мин.	2 ч. 33 мин.	3 ч. 14 мин.	5 ч. 18 мин.	6 ч. 7 мин.	7 ч. 17 мин.	8 ч. 8 мин.	Не раствор ился

По полученным данным был сделан вывод, что время растворения дезинтегрируемого гравийного фильтра будет зависеть как от вещества, в котором будет растворяться, так и от концентрации компонентов дезинтегрируемого гравийного фильтра.

Для проверки образцов на растворение с оболочкой (битум) были выбраны следующие вещества:

1. Нефть.
2. Бензин «Калоша».
3. Керосин.
4. Уайт-спирит.

Растворение образцов в данных растворителях не произошло, растворилась только оболочка (битум). Поэтому в таблице 3 представлены данные о времени растворения оболочки в растворителе.

Таблица 3–Время растворения образцов с оболочкой

Растворитель	Нефть	Бензин «Калоша»	Керосин	Уайт-спирит
Время растворения оболочки	2 ч. 3 мин.	8 мин.	24 ч.	1ч 51мин.

Опыт проводился со строительным битумом БН 90/10. Разновидности битума: строительный, кровельный, дорожный. Цена на строительный битум

варьируется от 9 до 14 рублей за килограмм, на кровельный от 20 до 25 рублей за килограмм, на дорожный от 7 до 15 рублей за килограмм.

Вывод

В ходе проделанной работы и полученных результатов было выяснено, что структура из кристаллического вяжущего вещества в качестве связывающего компонента гравия является достаточно прочной. Это отвечает требованиям о доставке гравийного фильтра в прифильтровую зону скважины без нарушения его конструкции. При доставке в прифильтровую зону скважины необходимо не допускать раннего процесса растворения дезинтегрируемого гравийного фильтра. Для того чтобы этого не произошло можно использовать оболочку в виде битума, которая не растворяется в воде и глинистом растворе. Особенно это эффективно в нефтяных скважинах, не нужно закачивать растворитель для оболочки. В дальнейшем гравийный фильтр будет растворяться при гртп когда будет закачан раствор на водной основе.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данной главе отражены и проведены расчеты всех видов расходов, направленных на проведение научного исследования и разработки склеивающего реагента для дезинтегрируемого гравийного фильтра.

Затраты на выполнение научно-исследовательского проекта включают в себя следующие элементы:

- затраты на специальное оборудование и рабочие компоненты;
- затраты на оплату труда;
- затраты на страховые взносы в государственные внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

4.1 Расчет затрат на расходные компоненты для проведения научных исследований и экспериментальных работ

Величина расходов, затраченных на приобретение материалов, используемых, непосредственно, в разработке дезинтегрируемого гравийного фильтра:

$$Z_M = (1 + k_t) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх}i} \quad (1)$$

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

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы

Коэффициент k_T , описывающий транспортные расходы на доставку оборудования принимается минимальным, равным 15% (т.е. $k_T = 0,15$) от самой стоимости этих материалов. Минимальный уровень стоимости доставки объясняется тем, что все составляющие изделия изготавливаются в городе, где проводится разработка, местными компаниями и лицами.

Все рассчитанные материальные затраты на оборудование для разработки склеивающего материала для дезинтегрируемого гравийного фильтра представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Стоимость оборудования для склеивания гравия

Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _{д1}), руб.
Плитка электрическая Ampix AMP-8004	шт	1	8890	8890
Весы аналитические ViBBA AJ-220CE	шт	1	55000	55000
Формы для изготовления образцов ЗФБ-40	шт	3	3890	11670
Суммарная стоимость				75560
Итого, с учетом транспортных расходов (5% от суммарной стоимости оборудования)				79338

Таким образом, стоимость приобретения техники для разработки склеивающего материала по расчетам составила 79338 руб.

Расходные материалы необходимы для проведения экспериментов, изучения влияния различных внешних факторов на показания разрабатываемого дезинтегрируемого гравийного фильтра.

Испытательный стенд, предназначен для проведения разного рода экспериментов, а в дальнейшем для проведения предварительных испытаний изготовленных преобразователей плотности. Данное спецоборудование оснащено большим количеством приборов, механизмов, устройств и контрольно-измерительной аппаратуры, которые позволяют создавать и поддерживать требуемые рабочие условия и параметры для разрабатываемого средства измерения.

Кроме испытательного стенда, для проведения работ по разработке конструкции дезинтегрируемого гравийного фильтра, требуется закупить средства, а также сами жидкости, необходимые для проведения экспериментов. Лабораторные средства измерения позволяют определять параметры материала с очень высокой точностью. Стоимость перечня расходных материалов представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Стоимость перечня расходных материалов

Наименование	Кол-во	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, ($Z_{Д2}$), руб.
Гравий	0,1	480	480
Латексные перчатки	8	40	320
Битум	5	38	190
Халат лабораторный	2	660	1320
Бумага	3	365	1095
Ручка	5	12	60
Респиратор	8	26	208
Растворитель (уайт-спирит)	4	60	240
Растворитель (бензин «Калоша»)	4	50	200
Итоговая цена			4113

Общие единоразовые вложения на приобретение различного рода оборудования и рабочих компонентов составили:

$$Z_{Д} = Z_{Д1} + Z_{Д2} = 79338 + 4113 = 83451 \text{ руб.}$$

4.2 Затраты по основной заработной плате

Время, отведенное на проведение научно – технического исследования, представлено в таблице 6.

Таблица 6 – Продолжительность работ, выполняемых научно-техническим персоналом

Показатели рабочего времени		Руководитель	Лаборант
Календарное число дней	с 01.06.18 по 31.12 2017 г.	147	
	2018 г.	365	
	с 01.01.17 по 01.06 2019 г.	103	
Количество нерабочих дней - выходные и праздничные дни	с 01.06.15 по 31.12 2017 г.	62	62
	2018 г.	116	116
	с 01.01.17 по 01.06 2019 г.	58	58
Потери рабочего времени, дни - отпуск невыходы по болезни	с 01.06.15 по 31.12 2017 г.	9	-
	2018 г.	62	26
	с 01.01.17 по 01.06 2019 г.	-	2
Продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником в период с 01.06.2017 по 01.06.2019 г., раб. дн.		308	351

Данная статья расходов включает основную заработную плату научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. В данном проекте такими работниками являются руководитель, инженер и лаборант. Рассчитанные должностные месячные оклады представлены в таблицу 7.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p \quad (2)$$

где: Z_{tc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 7 – Рассчитанные должностные месячные оклады

Исполнители	Разряд	k_r	Z_{tc} , руб.	Z_m , руб
Руководитель	4	2,18	13080	25500
Лаборант	1	1	6000	11700

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} \quad (3)$$

где: $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 6).

Произведя расчет по формуле 3 с учетом годового фонда рабочего времени, получим среднедневную заработную плату для каждого рабочего (таблица 8).

Таблица 8 – Среднедневная заработная плата для научно-технического персонала

Исполнитель	Руководитель	Лаборант
Среднедневная ЗП, руб.	1407	615

Основная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} \quad (4)$$

где: $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 6);

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Произведя расчет по формуле 4 с учетом продолжительности работ для каждого научно-технического работника, получим основную заработную плату работника за период с 01.06.2017 по 01.06.2019 г. (таблица 9).

Таблица 9 – Основная заработная плата для научно-технического персонала за период с 01.06.2017 по 31.05.2019 г

Исполнитель	Руководитель	Лаборант
Основная ЗП, руб.	433 324,10	215 939,20

Общие затраты на основную заработную плату научно-технического персонала, непосредственно участвующего в проводимых работах, составляют 649263,30 руб. (шестьсот сорок девять тысяч двести шестьдесят три рубля тридцать копеек).

4.3 Отчисления во внебюджетные фонды

Каждый работодатель (ООО, ИП) сталкивается с этими платежами во внебюджетные фонды. С вознаграждений работникам по трудовым договорам уплачиваются взносы в Пенсионный фонд (ПФР), Фонд обязательного медицинского страхования (ФФОМС), и Фонд социального страхования (ФСС).

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (5)$$

где: $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На основании пункта 1.1. ст. 284 Налогового кодекса РФ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность по хозяйственному договору, в 2017 году водится ставка – 30,2% [21].

Размер обязательных отчислений страховых взносов представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Размер обязательных отчислений страховых взносов

Вид затрат	Руководитель	Лаборант
Основная ЗП, руб.	433 324,10	215 939,20
Размер страховых взносов, руб.	117 430,84	58 519,51

Суммарные страховые взносы для всего персонала составили 175 950,35 руб.

4.4 Накладные расходы

Величина накладных затрат обуславливается расходами, не попавшими в предыдущие статьи расходов, такие как печать, ксерокопирование материалов исследований, оплата услуг связи, электроэнергии и т.д. Она рассчитывается согласно формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot \sum_3^1 Z_i \quad (6)$$

где: $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 16% (т.е. 0,16).

$$Z_{\text{накл}} = 0,16 \times (83451 + 649\,263 + 175\,950) = 145\,386 \text{ руб.}$$

4.5 Формирование бюджета научно-исследовательского проекта

Величина бюджета на разработку научно-исследовательской продукции является нижним пределом по уровню затрат, который защищается научной организацией при формировании договора с заказчиком.

Бюджет включает в себя учет всех ранее рассчитанных необходимых затрат, для проведения научных исследований и получения, в конечном итоге, продукт, который и является целью работы (таблица 11).

Таблица 11 – Перечень работ и их стоимость, относящихся к НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	83 451	Пункт 4.1
2. Затраты по основной заработной плате	649 263	Пункт 4.2
3. Отчисления во внебюджетные фонды	175 950	Пункт 4.3
4. Накладные расходы	145 386	Пункт 4.4
5. Итоговая величина затрат	1 054 050	Сумма ст. 1-4

Бюджетный фонд, сформированный для проведения научно-исследовательской работы по разработке склеивающего материала для дезинтегрируемого гравийного фильтра 1 054 050 руб.

5 Социальная ответственность

Целью данной главы является разработка правил для безопасного обеспечения работ, исследуемых в магистерской диссертации, а именно при разработке, монтаже и транспортировке гравийных фильтров.

Проанализировав факторы рабочей зоны при проведении технологических исследований, можно выделить следующие вредные факторы: шум от работы оборудования, некомфортные метеорологические условия, повышенный уровень электромагнитного излучения. Опасными факторами при работе являются образование взрывных смесей, электробезопасность.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны)

Плановые работы по исследованию скважин выполняют по заданию, утверждённому главным инженером и главным геологом нефтегазодобывающего управления, в котором указывают и меры обеспечения безопасности. Порядок подготовки и проведения исследований определяют действующие отраслевые стандарты и технические инструкции [22]. В оперативном подчинении диспетчера должен находиться персонал, осуществляющий непосредственное управление режимом работы оборудования, в том числе включение и отключение оборудования, шлейфов, нагнетательных и добывающих скважин и переключение запорной арматуры.

Диспетчер обязан:

- предотвращать работу оборудования с параметрами, превышающими допустимые;
- анализировать состояние оборудования;
- принимать необходимые меры по соблюдению установленного режима работы;
- немедленно сообщать главному диспетчеру об изменениях режима работы.

- регулярно в установленное время обеспечивать передачу информации о технологическом режиме.

Сменный персонал должен работать по графикам, утвержденным руководством.

Ведение диспетчерского режима во всех предприятиях осуществляется по московскому поясному времени в 24-часовом исчислении. Прием-передача смены сменным персоналом должны оформляться в диспетчерском журнале. Прием-передача смены во время переключений, пуска и остановки оборудования, аварийных ситуаций, как правило, запрещается. Прибывшая смена должна принять участие в ликвидации аварии по усмотрению руководства [23].

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

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

Режим труда и отдыха вахтового персонала объектов КС устанавливают положением о его работе, утверждаемым руководителем ЭО (Филиала ЭО), по согласованию с профсоюзным органом.

Для отдыха оперативного персонала в период регламентированных перерывов предусматривают специальные помещения, оборудованные удобной мебелью и отвечающие санитарно-гигиеническим требованиям [24].

5.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Проектирование должно учитывать стабильность рабочих поз трудящихся и их мобильность. Для эффективного выполнения рабочих обязанностей необходимо иметь достаточное пространство, обеспечивающее удобные рабочие позы, возможность их вариаций и передвижений. Оборудование должно быть легкодоступно и безопасно. Рабочее пространство

должно быть спроектировано таким образом, чтобы трудящийся не утомлялся вследствие продолжительного мускульного напряжения.

Обстановка на буровой установке, а также расположение всех элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. Большое значение имеет также характер работы. В частности, при организации рабочего места должны быть соблюдены следующие основные условия: оптимальное размещение оборудования, входящего в состав рабочего места и достаточное рабочее пространство, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения в частности спускоподъемные операции, перемещение элеватор, переводников, замена буровых и шламовых насосов, замена вибросит и гидроциклонов и т.д.

5.2 Производственная безопасность

5.2.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

С целью предотвращения воздействия опасных и вредных производственных факторов вынесем их в таблицу 12 для дальнейшего анализа.

Таблица 12 – Опасные и вредные факторы при строительстве нефтяной скважины

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Вскрытие продуктивного пласта 2. Намыв гравия на забой	1. Отклонение показателей климата на открытом воздухе 2. Повышенный уровень шума 3. Повышенной уровень вибрации 4. Электромагнитное излучение 5. Вредные вещества	1. Электрическим ток 2. Пожаровзрывоопасность	1. ГОСТ 12.1.003–83 [26] 2. ГОСТ 12.1.004–91 [30] 3. ГОСТ 12.1.019 - 79 [29] 4. ГОСТ 12.1.006–84 [28] 5. ГОСТ 12.1.007-76 [25]

Отклонение показателей климата на открытом воздухе

Так, как многие работы на промысле производятся на открытом воздухе, то стоит обратить внимание на метеорологические условия (температура, влажность, ветер и т.д.) и их влияние на рабочих. Метеорологические условия колеблются в зависимости от времени суток и сезона. Суровые метеорологические условия, один из важных факторов получения травм и рабочей неадекватности. Известно, что при высоких температурах человек теряет концентрационные качества. Появляются невнимательность, торопливость и т.д. При низких температурах - наблюдаются физические отклонения (нарушается моторика кистей и всего тела из-за повышенной теплопотери организма). Ещё один важный фактор, влияющий на теплоотдачу организма — это влажность. При температуре +18С влажность должна быть от 30 до 70%. Если влажность меньше, чем 30%, то влажность-низкая. Если же влажность выше 70% до влажность-высокая. Оба этих фактора, являются губительными для здоровья человека. Сухой воздух увеличивает вывод из организма влаги и плохо влияет на слизистые человека. Влажный воздух мешает испаряться жидкости с кожи и соответственно мешает теплообмену организма, а также может повлиять на обострение болезней: гипертоническая болезнь, атеросклероз и т.д.

При работе на открытом воздухе правилами безопасности предусмотрены мероприятия по защите рабочих от воздействия неблагоприятных метеорологических факторов: снабжение рабочих спецодеждой и спец обувью; устройство укрытий, зонтов над рабочими местами, помещений для обогрева рабочих (культурбудки) и т. д.

Во время сильных морозов, ветров, ливней, всякие работы запрещаются. К числу мероприятий по улучшению условий труда при работе на открытом воздухе относится также создание микроклимата на рабочих местах с помощью соответствующих агрегатов и устройств.

Повышенный уровень шума на рабочем месте

При работе со скважиной кроме химических веществ вредное влияние также оказывает производственный шум. В таблице 13 приведены допустимые уровни звукового давления. Для смягчения пагубного влияния звука с высоким уровнем давления на слуховой аппарат человека, рекомендуется применять звукоизолирующие наушники [26].

Таблица 13 - допустимые уровни звукового давления

Объект	Рабочее место зона	Уровень звука, дБ	Среднегеометрическая частота октавных полос, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Передвижная подъемная установка	У пульта управления	94	91	94	96	90	88	83	75	70
Передвижная подъемная лебедка	В кабине при закрытом окне или двери	113	104	106	106	109	107	102	96	89
Агрегат «Бакинец-3М»	В кабине (подъем)	---	100	89	96	95	96	94	87	80
	на устье	---	---	86	84	85	84	80	78	73

Повышенный уровень вибрации

К способам борьбы с вибрацией относятся [27]:

- снижение вибрации в источнике - улучшение конструкции машин, статическая и динамическая балансировка вращающихся частей машин;
- виброгашение – увеличение эффективной массы путем присоединения машины к фундаменту;
- виброизоляция – применение виброизоляторов пружинных, гидравлических, пневматических, резиновых и др.;
- вибродемпфирование – применение материалов с большим внутренним трением;

- применение индивидуальных средств защиты (виброзащитные обувь, перчатки со специальными упругодемпфирующими элементами, поглощающими вибрацию).

Электромагнитное излучение

Электромагнитное поле сверхвысоких напряжений может пагубно повлиять на здоровье человека [28]. Статистика медицинских учреждений гласит о том, что рабочие, которые находятся рядом с высоким напряжением из-за влияния электромагнитного поля в промышленных частотах подвержены повышенной утомляемостью, проблемами с артериальное давлением и изменениям частоты сердечных сокращений, а также болям в сердце. Ниже приведены разрешимые уровни электромагнитного поля:

- предельно допустимый уровень напряженности воздействующего ЭП устанавливается равным 25 кВ/м.

- пребывание в ЭП напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается.

- пребывание в ЭП напряженностью до 5 кВ/м включительно допускается в течение рабочего дня.

- при напряженности ЭП свыше 20 до 25 кВ/м время пребывания персонала в ЭП не должно превышать 10 мин.

В качестве средств индивидуальной защиты применяется спецодежда, изготовленная из металлизированной ткани.

Вредные вещества

Для уменьшения опасности вредных веществ, для человека ограничивают применение их по числу и объему, а где возможно, заменяют высокотоксичные на менее токсичные, сокращают длительность пребывания людей в загрязненном воздухе и следят за эффективным проветриванием производственных помещений [25]. В особо опасных условиях применяют следующие индивидуальные средства защиты: фильтрующие противопылевые средства защиты, газо-пылезащитные средства, шланговые противогазы ПШ-1,

изолирующие кислород приборы (КИП), автономные дыхательные аппараты, очки, маски, светофильтры, противопылевые комбинезоны, перчатки и т.д.

Буровые растворы готовятся непосредственно на буровой. Загрязняющая способность буровых растворов зависит, прежде всего, от количества и токсикологической характеристики химических реагентов, применяемых для их обработки.

Предельно допустимые концентрации некоторых химических реагентов регламентируются для воздуха рабочей зоны по ГОСТ 12.1.005-88, таблица 14.

Таблица 14 - Предельно-допустимые концентрации химических реагентов в воздухе рабочей зоны

Наименование реагентов	Цемент	ОП ₇ (ПАВ)	Нефть	КМЦ	Глинопоршок	Асбест	Сода Na ₂ CO ₃
ПДК, мг/м ³	6,0	3,0	10	10	4	6	2
Класс опасности	4	4	3	3	4	4	3

Практически все химические реагенты доставляются на буровую в сухом виде. Затаривание в емкость глиномешалки производится через верхний люк, при этом часть химических реагентов остается в воздухе и рабочие, производящие эту операцию, дышат этим воздухом. Как следствие, у рабочих могут развиваться некоторые виды болезней. Для предотвращения этого, необходимо чтобы каждый работник имел индивидуальные средства защиты, таблица 15.

Таблица 15 - Спецодежда, спецобувь и средства индивидуальной защиты

Наименование	ГОСТ, ОСТ, ТУ на изготовление	Количество, шт
Костюм брезентовый или х/б с водоотталкивающей пропиткой	ГОСТ 27651-88	На каждого члена бригады
Сапоги кирзовые	ГОСТ 5394-89	
Рукавицы брезентовые	ГОСТ 12.4.010-75	
Костюм зимний	ГОСТ 29335-92	
Валенки	ГОСТ 18724-88	

Продолжение Таблицы 15

Наименование	ГОСТ, ОСТ, ТУ на изготовление	Количество, шт
Респиратор типа «Лепесток»	ГОСТ 12.4.028-76	2
Предохранительный пояс верхового	ГОСТ 12.4.089-86	2
Монтажные когти и пояс	-	2
Сумка брезентовая для инструмента для работы на высоте	-	2
Виброгасящие коврики под ноги у пульта бурильщика и АКБ-3М	ГОСТ 26568-85	6
Щиток-маска эл/сварщика	ГОСТ 12.4.023-84	6
Очки открытые (ОЗО)	ГОСТ 12.4.013-85	2
Очки закрытые (ОЗЗ)	ГОСТ 12.4.013-85	5
Подставка диэлектрическая	ГОСТ 4997-75	1
Спецодежда для работы с кислотами и реагентами	ГОСТ 27652-88	1
Аптечка медицинская первой помощи	ГОСТ 23267-78	1

5.2.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

На КС могут быть выявлены следующие проявления опасных факторов:

- электробезопасность;
- пожаробезопасность.

Электробезопасность

При проектировании рабочего места учитываются все возможные риски при использовании электроэнергии и применяются методы избегания опасностей. Электрические датчики систем контроля и управления технологическим процессом должны быть во взрывозащищенном исполнении и рассчитываться на применение в условиях вибрации, образования газовых гидратов, отложений парафина, солей и других веществ либо устанавливаться в условиях, исключающих прямой контакт с транспортируемой средой.

Электробезопасность на рабочем месте контролируется ГОСТ 12.1.019-79 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» [29], согласно которому во избежание поражения электрическим током следует применять такие технологические приемы, как заземление, зануление, защитное отключение, контроль изоляции. Эти приемы можно отнести к коллективным средствам защиты. К индивидуальным средствам защиты относятся изолирующая одежда (при монтаже токоведущих частей установок) и соблюдение техники безопасности на рабочем месте.

Пожаробезопасность

При выполнении работ в нефтегазовом производстве присутствует риск возникновения пожаров. Для предупреждения которых в производстве используются предохранительные клапана, плавкие предохранители в электроцепях и т.п.

При тушения пожара применяют следующие средства: охлаждение очага возгорания ниже допустимой температуры; разбавление воздуха невозгорающими газами до концентрации кислорода, при котором горение прекращается; механическое уничтожение пламени струей газа или жидкости; снижение скорости воздействия химической реакции, протекающей в пламени; образование условий огнепреграждения, от которых пламя пойдет через узкие проходы. Первичные средства пожаротушения на промысле: огнетушители, внутренние пожарные краны, пожарный инвентарь (ящики с песком, бочки с водой, пожарные ведра, совковые лопаты, асбестовые полотна, войлок, кошма) и пожарный инструмент (багры, ломы, топоры и др.).

Организационные и организационно-технические процедуры по гарантированию пожарной безопасности должны включать осуществление контроля и надзора за соблюдением норм технологического режима, правил и норм техники безопасности, промышленной санитарии и пожарной безопасности [30].

5.3 Экологическая безопасность

5.3.1 Защита атмосферы

Основные выбрасываемые в атмосферу вредные примеси от нефтегазовых комплексов – это кислые компоненты (оксиды углерода, серы и азота, сероводород), УВ и их производные и твердые частицы. Производственные отходы, возникающие на нефтегазопромыслах, подлежат к сжиганию на факельных установках, в результате чего в атмосферу выделяются вредные компоненты [31].

При строительстве фильтров предусматриваются следующие мероприятия:

- использование автотранспорта, имеющего высокие экологические показатели, потребляющего небольшое количество топлива, оборудованного нейтрализаторами для обезвреживания отработавших газов и силовыми установками, обеспечивающими минимальные удельные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу;
- осуществление контроля токсичности и уровня дымности отработавших газов автомобильных двигателей в соответствии с действующими стандартами, проведение мероприятий по их снижению;
- обеспечение регулярного технического осмотра и обслуживания транспортных средств;
- разработка оптимальной схемы движения транспортных потоков, позволяющей до минимума снизить выброс отработанных газов;
- выбор оптимального режима работы машин при выполнении технологических процессов, с учётом того, что работа строительных машин характеризуется частой сменой нагрузочных режимов работы двигателей, и минимальную токсичность отработанных газов имеют дизельные двигатели при 60-70 % рабочей нагрузке;
- заправка автотранспорта закрытым способом.

5.3.2 Защита гидросферы

Основными загрязнителями природной среды при сооружении гравийного фильтра является нефть, отработанные растворы, шлам и остаточные воды, содержащие механические примеси, органические соединения, ПАВ и минеральные соли.

Для сохранения гидрологического режима поверхностных вод от загрязнения предусмотрены следующие мероприятия:

- 1) строительство водопропускных труб;
- 2) увеличение надежности трубопроводов на участках перехода через водные объекты (антикоррозионное покрытие и диагностика);
- 3) выполнение строительно-монтажных работ в зимний период для уменьшения воздействия строительных машин нарастительный покров берегов;
- 4) строительство трубопроводов по эстакадному варианту в зимний период, когда нет нереста, для снижения воздействия на дно и берега водного объекта;
- 5) укрепление откосов линейных сооружений и площадок от водной и ветровой эрозии торфо-песчаной смесью с посевом трав;
- 6) ежегодное диагностирование технического состояния переходов трубопроводов через водные преграды;
- 7) обеспечение мер по защите от коррозии трубопроводов (применение труб с наружной защитной изоляцией усиленного типа и внутренним противокоррозионным покрытием);
- 8) использование бакпрепаратов для ликвидации свежих нефтяных загрязнений.

5.3.3 Защита литосферы

Окружающая среда при сооружении фильтра может быть загрязнена рабочими жидкостями, которые остаются по окончании процесса.

Примыкающим к скважине землям ущерб может быть причинен и техническими средствами: агрегатами, пескосмесителями, автоцистернами и другой спецтехникой, применяемой при сооружении фильтра, в случаях

отсутствия подъездных путей к скважине, при их неудовлетворительном состоянии и нарушении маршрутов следования.

Для предупреждения загрязнения окружающей среды при сооружении фильтра проводятся следующие основные мероприятия:

1. Остатки жидкостей из емкостей агрегатов и автоцистерн сливаются в промышленную канализацию, нефтеловушку или специальную емкость. Сливать их на землю запрещается;

2. Все углеводороды, оказавшиеся на территории вокруг скважины, по окончании работ собираются и утилизируются либо вывозятся, если утилизация невозможна;

3. Территория вокруг добывающей скважины в соответствии с действующими нормами ограждена земляным валом и благоустроена;

4. По окончании работы территорию скважины и одежду работавших проверяется и необходимо убедиться в отсутствии опасных концентраций радиоактивных веществ;

5. Остатки неиспользованных изотопов, а также жидкость после промывки емкостей и насосов, подвергавшихся воздействию изотопов, разбавляется водой до безопасной концентрации и хоронится в специально отведенном месте.

5.4 Защита в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – обстановка, возникающая в результате аварии на объекте или определенной территории, а также в результате иного природного или техногенного бедствия. В результате ЧС наносится серьезный вред окружающей среде и народному хозяйству, ставится под угрозу жизнь людей, а также причиняется ущерб имуществу населения. Чрезвычайные ситуация подразделяются на трансграничные, территориальные, федеральные, региональные, местные и локальные. Принадлежность ЧС к той или иной категории зависит от числа пострадавших людей, размера ущерба в материальном отношении, а также от площади воздействия вредоносных факторов.

В природно-климатических условиях при проведении ГРП могут возникнуть следующие чрезвычайные ситуации:

Природного характера:

- паводковые наводнения;
- ураганы;

Техногенного характера:

- фонтанирование скважин;
- взрывы;
- отключение электроэнергии.

Для предотвращения и быстрой ликвидации аварий, которые могут возникнуть на объектах нефтедобычи при чрезвычайных ситуациях составляются планы по ликвидации возможных аварий (ПЛВА). ПЛВА составляются в соответствии с правилами безопасности в нефтяной и газовой промышленности и должны содержать следующее:

- перечень возможных аварий на объекте;
 - способы оповещения об аварии (сирена, световая сигнализация, громкоговорящая связь, телефон и др.), пути выхода людей из опасных мест и участков в зависимости от характера аварии;
 - действия лиц технического персонала, ответственных за эвакуацию людей и проведение предусмотренных мероприятий;
 - список и порядок оповещения должностных лиц при возникновении аварии;
 - способы ликвидации аварий в начальной стадии.
- Первоочередные действия технического персонала по ликвидации аварий (пожара), предупреждению увеличения их размеров и осложнений;
- осуществление мероприятий по предупреждению тяжелых последствий аварий. Порядок взаимодействия с газоспасательными и другими специализированными службами;

- список и местонахождение аварийной спецодежды, средств индивидуальной защиты (СИЗ) и инструмента;
- список пожарного инвентаря, находящегося на объекте;
- акты испытания СИЗ, связи, заземления;
- график и схему по отбору проб газовой среды;
- технологическая схема объекта;
- годовой график проведения учебных занятий для предотвращения возможных аварий.

5.4.1 Пожаровзрывобезопасность

Для предотвращения образования взрывоопасных концентраций продуктов в помещениях и других закрытых местах при сооружении фильтра осуществляют герметизацию оборудования и всех путей передвижения нефти и газа, устраивают эффективную вентиляцию в помещениях, а также проводят мероприятия по предотвращению появления огня во взрывоопасных местах.

В качестве огнегасительных веществ применяют воду в виде струй, пара или в распыленном состоянии, твердые вещества (песок, кошмы), инертные газы (азот, двуокись углерода), галоидопроизводные составы, пены (химическая и воздушно-механическая).

Пожар можно ликвидировать механическим воздействием на пламя, изоляцией его от воздуха, охлаждением или удалением горючих веществ из очага горения. Для этой цели используют огнегасительные вещества и противопожарное оборудование: водяные гидранты, шланги, стволы, пеногенераторы, пенокамеры, пенозакидные мачты и др.

У скважин и других объектов должен быть первичный инвентарь для пожаротушения: ящики с песком, лопаты, совки, ломы, топоры, кошма и огнетушители пенные (ОП-5) и углекислые (ОУ-2, ОУ-5). Этот инвентарь используется только по прямому назначению. Обслуживающий персонал должен уметь его эффективно применять.

Вывод:

В ходе выполнения раздела «Социальная ответственность» была проведена всесторонняя оценка вредных и опасных факторов, возникающих при сооружении гравийного фильтра, а также рассмотрены / разработаны мероприятия по минимизации их воздействия на организм человека и окружающую среду. Помимо этого, были рассмотрены вероятные ЧС и мероприятия по их предупреждению и ликвидации. Практическую значимость трудно переоценить, т.к. дополнительно уделенное безопасности выполнения работ внимание всегда окупается в виде сохраненных материальных ценностей, здоровья и жизни сотрудников.

Список используемой литературы

1. Круглов В. Д Новая технология борьбы с поступлением песка в газовые скважины [Текст] / В. Д Круглов// Нефтяная промышленность. – 1984. – No17. – С.22-25. – (серия Нефтепромысловое дело).
2. Юргенс Х. Применение одноконтурных проволочных фильтров / Хауке Юргенс, Зигфрид Неаигер // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2009. – No9. – С.40–43.
3. Бондаренко В.А. Савенок О.В. Анализ существующих методов борьбы с пескопроявлениями и разработка статистической модели деформационно-пространственной неустойчивости и разрушения песчаных пород. Научный журнал Наука. Техника. Технологии. 2014. No 1. С. 35–42
4. Ахметов А.А., Жуковский К.А., Шарипов А.М. и др. Ликвидация пескопроявления при добыче газа. Газовая промышленность. 1998. No9. С. 20–22.
5. Арестов Б.В. Разработка и исследование техники и технологии создания гравийных фильтров в скважинах: дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Москва, 1987г. – 164с.
6. Апрель А.М. Управление выносом песка при добыче нефти. Научные труды. 2012. No3. С.59–62.
7. Ахметов А.А. Капитальный ремонт скважин на Уренгойском месторождении. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2000. 219с. ISBN 5-7831-0383-7.
8. Антонов М.Д., Кряквин Д.А. Исследование причин образования бездействующего фонда скважин на завершающей стадии разработки месторождений западной Сибири. Сборник научных трудов ООО «ТюменНИИгипрогаз». Тюмень, 2013. 302 с
9. Гасумов Р.А. Предупреждение слипания влажного песка при сооружении гравийного фильтра в газовой среде. Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2009. No9. С.37–39.

10. Михайлов А.Г., Волгин В.А., Ягудин Р.А., Стрижнев В.А., Рагулин В.В. Комплексная защита скважинного оборудования при пескопроявлении в ООО «РН-Пурнефтегаз». Территория нефтегаз. 2010. №12. С. 84–89.
11. Цицорин А.И., Демьяновский В.Б., Каушанский Д.А. Химические методы ограничения выноса песка в нефтяных и газовых скважинах. Георесурсы. Геоэнергетика. Геополитика. 2014. №2.
12. Тананыхин Д.С., Петухов А.В., Долгий И.Е., Петухов А.А. Исследование характера разрушения призабойной зоны скважин Гатчинского ПХГ и обоснование химического способа крепления слабосцементированных песчаников. Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3. С. 162.
13. Ягудин Р.А., Стрижнев В.А. Особенности крепления призабойной зоны слабосцементированных пластов синтетическими смолами. Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2011. №7. С. 43–47.
14. Моторин Д.В., Кротов П.С., Гурьянов В.В. Проблемы добычи газа на завершающем этапе разработки месторождений. Территория нефтегаз. 2011. № 10. С.50–53.
15. Магадова Л.А., Ефимов Н.Н., Губанов В.Б., Нескин В.А., Трофимова М.В. Разработка композиции для крепления призабойной зоны пласта в скважинах подземных хранилищ газа. Территория нефтегаз. № 5. 2012. С.63–67.
16. Коуколз Б. Оптимизация выбора материалов для гравийных фильтров / Б. Коуколз // Нефть, газ и нефтехимия за рубежом. – 1993. – №6. – С.14–19.
17. Пат. 2393339 Российская Федерация, МПК Е 21 В 43/04. Способ создания гравийного фильтра в скважине Текст / Четверик А.Д., Климовец В.Н., Фёдоров Ю.К.; заявитель и патентообладатель Четверик А.Д., Климовец В.Н., Фёдоров Ю.К. – №2009112893/03; заявл. 06.04.2009; опуб. 27.06.2010.

18. Игнатъев А.И. Оптимизация процесса намыва гравийных фильтров / А.И. Игнатъев, А.Е. Леонтьев, Ю.Н. Садилов, Х.Н. Шульгин // Газовая промышленность. – 1983. –№5. – С.31-32.
19. Борьба с пескопроявлениями // Нефтяная промышленность. Сер. Нефтепромысловое дело. – М.: ЭИ ВНИИОЭНГ, 1984. – №1. –С.17-20.
20. Штурн Л.В. Отечественные фильтры для заканчивания скважин / Л.В. Штурн, А.А. Кононенко, С.О. Денисов // Территория нефтегаз. – № 6. – 2010. – С.57-61.
21. "Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая)" от 05.08.2000 № 117-ФЗ (ред. от 03.04.2017) (с изм. и доп., вступ. в силу с 04.05.2017).
22. Карнаухов М.Л., Пьянкова Е.М. Современные методы гидродинамических исследований скважин. Справочник инженера по исследованию скважин: 2010. –432 с.
23. Токарев М.А., Ахмерова Э.Р., Файзуллин М.Х. Контроль и регулирование разработки нефтегазовых месторождений: Учебное пособие. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2001. -61 с.
24. Куцын П.В. Охрана труда в нефтяной и газовой промышленности: Учебник для техникумов. - М.: Недра. 1987. - 247 с.
25. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. –М.: Издательство стандартов, 1978. –5 с.
26. ГОСТ 12.1.003–83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
27. ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность»
28. ГОСТ 12.1.006–84. ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля (до 01. 01. 96).
29. ГОСТ 12.1.019 -79 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

30. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (01. 07. 92).

31. Булатов Н.А. Охрана окружающей среды. М.: Недра, 1990

Приложение А
(справочное)

**Improvement of technical means and technologies of gravel dusting of the well
filter zone**

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ73	Абаков А.В.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Глотова Валентина Николаевна	К.т.н.		

Консультант-лингвист Отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Лысунец Татьяна Борисовна			

Sand takeaway

One of the main problems that arises during the operation of wells with unstable reservoir rocks is the destruction of the bottomhole formation zone. The process of destruction of the bottom-hole zone is accompanied by removal of rock particles from the reservoir into the well.

Intensive removal of the solid phase from the reservoir leads to abrasive wear of underground and surface equipment of wells, violations of resistance and the collapse of rocks in the bottomhole zone, sand clogging protective devices, pumps, lifting and tail pipes, subs and other equipment and the formation of sand plugs on the faces, which, in turn, leads to a decrease in the productivity of the well up to its complete stop.

The results of laboratory and industrial studies show that the amount of sand entering the well increases with the depletion of the gas reservoir and the reduction of reservoir pressure.

The mechanism of sand takeaway is very complex: it is affected by the entire process of well completion, from the initial opening of the reservoir and before the start of hydrocarbon production. The negative impact of well completion factors is associated with changes in the stress state of the sand reservoir.

With poorly equipped bottom hole, the amount of sand entering the well can be significant. One of the most common reasons for the formation of sand plugs at the bottom is the stopping of wells operated. During stops, it stops the flow of fluid to the surface. The sand contained in the fluid settles out and forms a tube. The formation of plugs can occur in the wellbore and in the tubing.

The thickness of the plugs, as well as the reservoir properties of the bottomhole formation zone also depends on the diameter of the casing. If in wells with an operating column with a diameter of 219 mm a sand-clay plug is blocked on average by 36 % of the total opened perforation of the thickness of the operating object, then in wells with a diameter of the operating column 168 and 146 mm a

sand-clay plug is blocked by 10.6 and 2.3% of the opened productive section, respectively.

The reasons that lead to the destruction of the bottom-hole zone during the operation of wells in unstable reservoirs can be divided into two groups.

The first group includes factors caused by the peculiarities of the geological structure of the layers and the physical and lithological properties of rocks (depth of the formation, reservoir and rock size, cementation, particle size distribution, porosity, permeability, composition of the reservoir fluid extracted). But it is very difficult to significantly affect their elimination. The task is to choose such a mode of operation of the well that the negative impact of these factors is minimal.

The second group includes technical and technological factors due to the technique and technology of drilling, completion and operation of wells: bottom hole design, fluid filtration mode, permissible sand content in the product.

One of the easiest ways to reduce the flow of formation sand into the well, there are limitations of reservoir fluid flow rates. Flow rate limits are reduced to the need to select such a technological mode of operation of wells, which is to maintain a constant maximum permissible pressure gradient on the wall of the well bottom. The magnitude of the permissible pressure gradients determine according to research wells in stationary filtration modes. At this time, the method of limiting the flow rate is not often chosen as the optimal solution, since the value of the allowable flow rate can be significantly lower for the potential of the formation.

Therefore, at the moment, ensuring the effective attachment of unstable reservoirs in domestic hydrocarbon fields, which will prevent the removal of rock over a long period of well operation, is an urgent problem.

Sand takeaway control methods

There are hydrodynamic, chemical, physico-chemical and mechanical methods to prevent suffusion, and hence the flow of sand from the reservoir into the well. A combination of these methods is also used.

Numerous measures of sand control, which take place in foreign practice, are purely preventive in nature, that is, as a rule, are applied before the wells are put into

operation, and constitute an integral part of the work at the end of wells. This term refers to all operations from the opening of the productive object to the call of the inflow of liquid or gas. This includes: drilling of the productive formation, the descent and cementing of the production string, the installation of a gravel filter (or other sand filters) and the development of the well.

The implementation of various preventive sand control measures from the very beginning of the well commissioning ensures their high efficiency. Experience shows that for a sharp increase in the efficiency of measures to limit the flow of sand from the reservoir to the well should be carried out before the destruction of rocks bottom-hole zone.

The mechanical method includes the technological processes of equipment of wells of various downhole anti-slip filter or the formation of filters in the mine through the reclamation of filter materials. This method is known for a long time. It is the simplest, but wide technological application in practice of gas and oil production did not find. In connection with the introduction of the development of fields with high-viscosity oils and the development of thermal methods of impact on the formation, the need for filters to prevent the removal of sand from the formation has become urgent.

The chemical method is based on the artificial fixation of rocks by various astringents, mainly polymeric type (water-soluble phenol-formaldehyde resin, compositions based on shale phenols, composition based on foamed synthetic resins and others), but are the most expensive, though the most promising methods.

The physical and chemical methods include a method of fixing the reservoirs by coking oil in the bottom-hole zone as a result of its polymerization and a method of thermochemical fastening using granular magnesium. The first method is carried out by filling through a hot air filter and is recommended for use in the extraction of high-viscosity oils from shallow reservoirs.

Wells, which are equipped with means of sand retention, may have in the productive interval or open face, or perforated casing. In the case of open face it is advisable to use filters– shanks and alluvial gravel filters, and in wells with cased

productive interval – alluvial gravel filter inside the casing or to mount the bottomhole zone with resin.

In order to combat the removal of sand in productive formations with poorly cemented rocks (loose sands) and to complete the wells it is necessary to:

- a) use hole filters or pipes with holes drilled into them;
- b) use a bottom-hole filter made of sand (gravel) or other material;
- c) fill the annular space in the interval of occurrence of the productive formation with gravel;
- d) artificially fasten sand in a productive layer.

At the same time, the first two measures are reduced to the detention of the sand already taken out from the reservoir by various filter devices, and the other two – to the artificial fixation of rocks in the bottom-hole zone by creating interference between the formation and the column of pipes or cutting the reservoir with a special binder.

Chemical methods of prevention of sand takeaway

The way to solve the problem with sand takeaway occurrences in wells by installing filters is not always appropriate and cost-effective. Therefore, in order to increase productivity and reduce the cost of maintenance and overhaul of wells, the bottom-hole formation zone is mainly strengthened by chemical methods.

Chemical methods are based on artificial fixation of rocks in the bottom-hole zone of wells with different chemical compositions. It is known that the work on fastening the bottom-hole formation zone at the stage of completion of wells by drilling or in the initial period of operation (1-3 months after leaving the drilling) gives the highest results (allows to obtain the success of 70-90%).

Nowadays, domestic and foreign companies are actively using cement mixtures with various fillers, synthetic resins, as well as their mixtures with sand for fixing weakly cemented rocks polymer compositions.

The mixtures of Portland cement are of greatest interest as the cheapest and most affordable binder. They are non-toxic and easy to use, and they form a fairly durable stone that retains its properties over time.

But in layers containing a clay fraction (clay silt), the introduction of cement mortar into the bottom hole, as a rule, does not give the desired results in the fastening of rocks, since the mixture of cement mortar with clay does not form a strong cement stone.

Technology of fastening rocks with various binders of polymeric type is in the domestic and foreign practice. These are the methods of fastening with synthetic resins, resin-sand mixtures, foamed resins, compositions based on phenol-formaldehyde resin and shale binder. The main difference between these compositions is the use, depending on the type of resin, various fillers that determine the quality of the polymer filter formed, its permeability and curing time.

The use of resin-based compositions requires additional labor-intensive operations to obtain a permeable composition for fixing unstable rocks, which, after a while, lose strength, give plating or are accompanied by the release of water into the productive formation. It worsens the reservoir properties of the productive layers. In addition, they are expensive, scarce and environmentally dangerous.

Polymers, which are used for fixing weakly cemented rocks, should have the following characteristics: high adhesive ability to mineral grains, which make up the formation; be sufficiently resistant to the influence of acids and formation fluid with prolonged contact; the duration of polymerization should provide the possibility of repair and insulation work in full.

The main task of fixing the bottom-hole zone of the well is to increase its strength while maintaining or slightly reducing the filtration and capacitive properties of the reservoir to ensure a high well flow rate. Since the chemical method associated with the introduction into the bottomhole zone of the formation of binders of different physical and chemical nature, it should not be expected to restore the natural permeability of the porous medium in full, but the improvement of chemical methods of fixing weakly cemented reservoirs can give significant results.

An important indicator that determines the efficiency of sand bonding is the ability of rocks to resist destruction under the influence of external forces. To assess

this characteristic, it is necessary to determine the ultimate strength of rocks on the volume compression.

The main advantage of chemical methods is the possibility of short-term repair in existing wells and relatively low cost compared to mechanical and physico-chemical methods.

Analysis of domestic developments and patent publications on this topic indicates the presence of a large number of warehouses for fixing the bottom-hole zone, but depending on the technological and geological parameters of the well, their efficiency is very different. In general, the success of work on fastening the bottom-hole zone remains low and constitutes only 50-60 %.

The compositions that are used and the technologies for fixing the bottom-hole zone do not allow to completely solve the problem of combating the destruction of rocks (low strength of the fixed zone, a small overhaul period of operation, a significant reduction in the permeability of the reservoir in the fastening zone, the toxicity of many reagents, large material costs, etc.). An urgent problem is the need to find new binders (or their modifications) and technical and technological solutions aimed at improving the quality of fastening of unstable reservoir rocks.

Physico-chemical methods of sand takeaway

Physico-chemical methods of fastening of collectors are based on the use of physical (temperature, pressure fluctuations) and chemical (chemical reagents and reaction products) methods of coking the oil in the bottomhole zone as the result of its polymerization, the creation of proppant filter in the bottomhole zone wells, processing bottom-hole formation zone by the reagents with subsequent heat treatment, carrying out hydraulic fracturing with subsequent fixing cracks.

The method of coking oil in the bottom-hole zone is used at an early stage of operation of fields with high oil viscosity and small depths of reservoirs. For most of the fields at the final stage of development, this method is unacceptable because of the high cost.

For wells with intensive sand takeaway, which leads to the formation of caverns in the bottomhole zone, the fastening technology based on low-tonnage

hydraulic fracturing using RCP-proppant with a mass of up to 5 tons has been tested. The essence of this technology is to create a well-permeable screen in the bottom-hole zone behind the production column and in the formation, which prevents the removal of fine sand.

The disadvantages of this method are relatively high costs of proppant per well, removal of proppant into the well, the complexity of working with low-temperature wells, careful selection of activators.

The use of physico-chemical methods to combat the removal of sand from the reservoir has not been tested experimentally and it has not been found widespread.

Mechanical methods to prevent sand takeaway

The most simple and accessible methods of preventing sand from entering the reservoir into the well are mechanical, which are most common. They include technological processes the equipment of the various wells sand filters or create filters on the bottom by alluvium filter material.

The essence of the use of filters is to retain the sand particles of the productive formation around the holes of the artificial filter. The filter should hold 70-80% (by weight) of large particles of formation and pass small particles (no more than 20-30%). Under this condition, the mechanical stability of the formation skeleton will be preserved, although you should try to retain all the particles of the rock. The filter should pass reservoir fluids and create a minimum hydraulic resistance, prevent the penetration of the solid phase into the well, the formation of sand plugs on the faces and a significant decrease in the well flow rate.

Filters are distinguished by design and manufacturing techniques. They can be pipe, gravel and metal-ceramic filters.

Pipe filters are made of pipes and lowered into the well on the casing in the construction of wells or using a column of tubing inside the casing. They are divided into simple (with the size of holes 1.5-20 mm and slots 0.4–0.5 mm on the pipe) and complex, formed with a simple winding of wire (wire), the installation of buttons (button), rings (ring) and filter packs.

The cheapest are the slotted filters that represent a pipe with different placement of horizontal or vertical slits.

Slotted filters, despite their cheapness, have received limited application due to the small initial area, predisposition to corrosion and erosion, as they are made mainly of low-carbon steel. The disadvantage of slotted filters is also the decrease in the productivity of wells and the complexity of extracting filters to the surface.

Wire filters are more advanced, are a pipe with a large number of radial holes or grooves, on the outer surface of which is wound calibrated wire round or trapezoidal section.

Wire filters are less prone to erosion and corrosion compared to slotted filters, have a higher throughput, but the cost of wire filters more slotted.

Mesh anti-sand filters are used in wells with an open face. In the manufacture of mesh filters using stainless steel mesh, chemically resistant steel.

One of the promising filters to prevent the removal of sand from the formation are metal-ceramic filters. They are made by pressing metal powder and ceramics in steel molds, which have the form of filter elements, followed by sintering in furnaces at high temperature (1200 ° C) in a hydrogen medium. Metal-ceramic filters are characterized by corrosion resistance, heat resistance and thermal conductivity, they are characterized by a sufficiently high strength and plasticity, which makes it possible to withstand high pressure drops, have low hydraulic resistance and retain the smallest fractions of sand.

In domestic hydrocarbon fields today the most common is the installation of mechanical downhole filters (titanium, slotted, fiberglass on an aluminum frame, fiberglass).

Analysis of the well filters produced by domestic and foreign industry, showed that they must meet these basic requirements:

- provide a predetermined level of performance;
- have sufficient mechanical strength and stability;
- ensure the declared degree of filtration;
- maintain a low hydraulic resistance;

- have the possibility of mechanical or chemical cleaning of the filter (regeneration) without removing it from the well.

Analysis of the results of research in this area revealed the following: the use of filters has a number of drawbacks that lead to a decrease in the potential flow rate, clogging with mechanical impurities (sand, silt), bacteriological overgrowth and corrosion of filters. An increase in the working depression on the reservoir to provide the necessary gas flow rate leads to the destruction of the filter, the formation of local filtration channels and the intensification of sand removal. In addition, the use of filters is associated with the use of packer, its reliable sealing.

Gravel-alluvial filters are widely used to combat the removal of sand from the reservoir into the well in industrial practice. Such a filter is a slit filter-frame, the annular space between it and the wall of the well is filled with gravel.

The length of the filter frame is determined from the condition of the overlap of the entire interval of the productive part of the reservoir. Depending on the geological and technical conditions, the gravel-alluvial filters are installed in the open barrel, perforated part of the casing or in the extended bottomhole zone.

Alluvial gravel filters in the open wellbore are installed where the strength of the bottomhole zone allows to expand the wellbore. These filters have low filtration resistances and, as a result, higher productivity in comparison with in-column gravel filters or fastening of the bottom-hole zone by chemical reagents.

The most effective and promising mechanical way to prevent sand takeaway occurrence is the creation of gravel filters in the process of completion of wells by drilling. The essence of the technology is as follows. The well is drilled and fixed to the roof of the productive horizon, which is opened with a bit of a smaller diameter. After that, the wellbore is expanded in the productive interval, the filter is lowered taking into account the overlap of the productive interval and the gravel is driven into the extended interval between the formation and the filter.

Gravel filters can work effectively only in the case of properly selected slit width or grain size of gravel (coarse sand), taking into account the granulometric composition of the formation sand.

The most widely used prestressed filters are expanded. Such filters are characterized by more dense packings of gravel grains and more effectively prevent the destruction of the bottom-hole formation zone during the operation of the well.

Gravel filters are quite cheap and durable enough –the life of the filters is up to 5 years. Operation of the filter requires periodic cleaning (washing) that it is impossible to implement in practice. The disadvantage of gravel filters is also a decrease in the productivity of wells due to the formation of an impenetrable array between the filter and the wall of the well), the complexity of repair work, especially in wells in multi-layer fields, and in wells of underground gas storage gravel packing decompresses and enters the reservoir when moving gas, the complexity of extracting filters to the surface.

Analysis of experience of use of mechanical methods of preventing the entry of sand from the formation into the borehole based on create on the bottom of the wells of different filters, showed their lack of reliability. This is due to the fact that the creation and correct choice of structural elements of mechanical filters depends on many complex factors, both technical and geological, and is a fairly time-consuming and expensive process. Significant disadvantages of the filters are clogging and insufficient mechanical strength.

Combined method

Combined methods involve the use of mechanical filters and chemical fixation of sand grains.

In the late 90s of the last century to combat the removal of sand there was used a combined method, which includes the following operations:

- isolation of the "old" part of the formation with the filling of the produced cavity with cement;
- wrapping the filter above the level of the oil-water contact;
- operating time of a cavity for the subsequent alluvium of the gravel filter;
- filling the space between the filter and the casing gravel-sand mixture.

The disadvantages of this method are the high cost, long repair time, long output of wells for a given mode of operation through the injection of a large volume of water when the gravel filter is poured.

Also there is known the method of fixing unstable rocks by injection into the bottomhole zone of a mixture of sand with magnetized balls of small size. In the formation, the balls are attracted to each other and create a frame that holds the sand particles. The disadvantage of this method is the difficulty of feeding magnetic sand balls into wells.

The choice of the method of preventing the entry of sand from the formation into the well

When choosing a method to prevent the sand from entering the reservoir into the well, a number of factors are taken into account. The design of the well bottom is of great importance. Completing wells with an open face, the mechanical or combined methods are used, as a rule. Chemical methods of fixing sand are used mainly in new wells. When choosing a way to deal with the removal of sand the temperature restrictions should be taken into account. For chemical methods, the permissible temperature limits are 16-175 °C, for mechanical methods there are no restrictions, except when oil, thickened solutions are used in the formation of gaskets.

Gravel filter

As mentioned above, gravel filters are the most effective way to prevent sand takeaway, they are used both in Russia and abroad. In gravel filters, the filter surface consists of artificially introduced gravel (sand) placed around the supporting filter frames.

Gravel filters are divided into:

a) suspended gravel-pipe, created on the surface (a layer of gravel in the gap between two concentric perforated pipes);

b) gravel-alluvial, created in the well (alluvium layer of solid particles on the wall of the perforated pipe).

Gravel filters can work effectively only with the correct width of the cracks or the size of gravel grains (more precisely, sand with particle sizes), taking into account

the granulometric composition of the formation sand. Other parameters are also important, in particular, the characteristics of the gravel, degree of compaction and the quality of the material, the configuration of slits and filters design.

The size of the gravel grains is selected on the basis of sieve analysis of the formation of sand samples. The main condition is the diameter of the gravel grains. It should exceed ten times the size of the sand grains, which makes up the productive layer. In order to completely retain all the formation grains of sand, it is necessary to focus on the finest fractions of the formation sand present in the productive interval when choosing gravel. Scientist Rogers recommends the use of gravel, which consists of at least 95% quartz and silicate materials, and it should not contain “soft” or “ground” minerals such as shale, gypsum or anhydrite.

Poor quality gravel material adversely affects the performance of the well.

The factors that affect the permeability of gravel include: the size and shape of the parts, porosity, grain size distribution.

With the simultaneous operation of several layers, among which only some need to be equipped with gravel filters, more preference is given to gravel filters made on the surface. Here it is possible to alternate usual filters with gravel.

Gravel-suspended filters

Suspended gravel filters hold fine flat sand without external gravel dusting. Suspended gravel filters have an inner layer of gravel that holds the formation sand. A layer of gravel is sometimes fixed with resin. Filters are not installed inside the casing, because then it is necessary to make an external gravel dusting to fill the perforating channels and caverns with gravel behind them, otherwise there will be a significant decrease in productivity. When installing filters in the open face, their diameter should be slightly less than the diameter of the face, and this determines the filling of the gap with formation rock during the removal of fluids from the well. In 1995 the suspended gravel filter FSP-168 which consists of a protective casing inside which there is a filtering pipe is developed and made.

Gravel-alluvial filters

In industrial practice to combat the removal of sand from the reservoir into the well there are widely used gravel-alluvial filters. Such a filter is a slit filter-frame, the annular space between which and the wall of the well are filled with gravel. Gravel alluvium can be carried out under pressure. In this case, a strained filter is created, which does not cause the formation to collapse under the action of shear and tension. The size of the slots of the filter frame is selected depending on the particle size of the formation rocks and the size of the gravel fractions.

The length of the filter frame is determined from the condition of the overlap of the entire interval of the productive part of the reservoir. Depending on the geological and technical conditions, gravel-alluvial filters are installed in the open barrel, perforated part of the casing or in the extended bottomhole zone.

A method for creating a gravel filter in a well is known to include the opening of a productive formation, the equipment for the face of a perforated casing string, the alluvium of gravel in the space of the casing in the perforation interval and into the space of the cavity behind the casing string with the water-tightness of the bottom-hole zone. To prevent violation of the compactness of the sand structure in the bottomhole zone with the formation of a cavity around the wellbore due to the displacement of the wellbore formation sand under pressure on the reservoir is driven high viscosity liquid-crosslinked gel. Then, a gravel backfill with a high-permeable alluvial fraction is washed in the formed cavity and in the wellbore under pressure. It which serves as a counterbalance screen for the formation sand during the operation of the well, made of a polymer material with a density exceeding the density of the formation sand, at least 3.5 times. At the same time, the condition on the composition of the gravel filter depending on the granulometric composition of the formation sand is fulfilled.

Methods of gravel reclamation inside the casing are divided into one-stage and two-stage ones. In the first case, the reclamation of gravel in perforation tunnels is done as a separate operation. In the second case, both operations of gravel alluvium

in the inter-column space and in the perforating channels are carried out when a wire or slit filter is already installed on the face.

For more effective input of gravel into each perforating channel, the composition of the carrier fluid and the method of processing become of great importance. Transport efficiency is improved at low sand concentrations and high water consumption.

The most widely used gravel filters with upper and lower alluvium. In both cases, a mechanical filter is installed in the Central part, which is a pipe with drilled holes wound with wire. The length of the mechanical filter should exceed the productive zone of the reservoir by 3 m, the internal diameter of the filter is 19-32 mm with a nominal diameter of the column of Elevator pipes, through which the filter descends 73 mm. the Design of the gravel filter is selected taking into account the operating conditions of the well, as the possibility of its removal in the future.

The alluvium of the gravel filter is carried out with the use of a coiled tubing in cases where the drilling rig is already dismantled, the well flow rate is small, it is economically inexpedient to use units for underground repair of the standard type, and the formation is characterized by high pressure, and its jamming is undesirable. The choice of granulometric composition of the gravel filter is based on the same reasons as in the traditional technology.

The successful result of the works on reclamation of sand filter as a precoat filter depends on the requirements to the process of the alluvium. One of the main requirements is optimal regulation of gravel supply to the well both in terms of rate and total amount of gravel. To control the alluvium process is to control the rate of injection and the amount of gravel being pumped. There are two main methods of the control: a mass flow meter or the dynamics of the gravel level in the hopper.

Gravel pack

Recently, the spread of wire filters with gravel packing to abandon the procedure of alluvium-gravel. Such filters reduce the cost of well preparation and increase the speed of installation of the shank with filters. The results of numerous studies of the use of filters with pre-gravel packing indicate their practical value

provided the correct selection of packing parameters which depends on the operating conditions of the well. Filters with gravel packing began to be intensively used in many oil fields. They are particularly effective in wells where water is extracted together with oil.

As a material for gravel packing the most common is natural sand, but it is not the only material used. When using sand, two mechanisms of its destruction can take place: chemical dissolution of silica by hot highly alkaline liquids (especially in fields where steam injection is used for oil production) and its crushing, which is accompanied by the formation of small debris, colmatating gravel packing.

As a kind of gravel, gaskets can be used without any complications and the following materials:

- a) silicone materials: specially prepared sands, sands with external coating (molybdenum, graphite or epoxy) and silicates (glass balls and garnet);
- b) aluminum materials-sintered bauxite, corundum;
- c) carbon materials – anthracite.

Also, the material for gravel packing may contain silicon. This is especially important for reservoirs that contain highly mineralized water.

The gravel used for gravel packing should be clean, with fairly round, smooth and uniform grains. Such characteristics of gravel contribute to the increase of permeability and porosity of the packing.

The size of the gravel particles in the performance of gravel packing is chosen so as to prevent the flow of sand from the reservoir into the well.

In the USA, when choosing the size of the gravel grains for packing, as well as the filter, the scientists are usually guided by the following considerations: gravel particles should be no more than 5-6 times the large formation particles, with the removal of which the struggle is conducted; the filter should effectively retain the smallest gravel particles for gravel packing, it is desirable to use gravel with rounded grains.

Chemical preparation of the formation to create gravel packing includes numerous processes and is determined by the individual characteristics of a particular well.

First, a simple technology of creating gravel packing was used: the gravel was pumped with water. Since the permissible concentration of gravel in the water was 120 kg/m³, large volumes of water were pumped into the well to ensure the transfer of sufficient gravel to the bottom. Under these conditions, the reservoir received a significant amount of water, which caused a deterioration in the permeability of oil and gas in the bottomhole zone. The disadvantage of using water as a liquid was also the high injection rate, which must be maintained to prevent free sedimentation of gravel and capping of the column of pumping compressor pipes.

In the process of designing a gravel filter, it is necessary to take into account the density of perforating channels along with the permeability of the gravel packing and the potential productivity of the reservoir by a predictable method of operation.

For gravel packing we use sand with a grain size of 0.84-1.67 mm. When the sand is taken out of the well with a content of small fractions in an amount of 5% or more, we use fine sand with a grain size of 0.42 - 0.84 mm for packing.

Currently, very viscous liquids are used that can carry gravel in high concentrations. The advantage of this method is the preservation of the formation purity. Since the gravel does not settle quickly from the thickened solution, the suspension can be pumped into the well at a low speed. So, there are fewer potentially pollutants in the reservoir.

One approach would be chosen to create a gravel gaskets in horizontal wells. It uses saline water as a carrier of gravel. The systems of this type are often referred to as alpha-beta systems. In such systems, a low-viscosity salt solution is used to transfer gravel into the annular space with an adjustable flow rate to prevent premature accumulation of gravel. Problems arising in the implementation of this method are associated with pumping salt solution with transferred gravel all the way from the mouth to the bottom of a horizontal well and back. This problem can be solved by using special or pre-filled gravel downhole filters as backup.

If in vertical wells the cost of creating a gravel filter does not exceed, as a rule, 10% of the cost of the well, in wells with a horizontal section of the well, the length of which is 10-30 times the thickness of the productive formation, the cost of these works is comparable to the cost of drilling the well and does not always give the expected results. This fact should be taken into account when designing the completion of horizontal wells with the installation of gravel filters.