

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН В УСЛОВИЯХ АКТИВНОГО ВЫНОСА ПЕСКА НА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ</b>

УДК 622.276.74(571.1)

#### Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б5В	Машагов Евгений Сергеевич		

#### Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фадеева Светлана Васильевна	К.Г.-М.Н.		

#### Консультант

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сечин Андрей Александрович	К.Т.Н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

**Планируемые результаты обучения**

<b>Код результата</b>	<b>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</b>	<b>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</b>
<b>В соответствии с общекультурными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</b>		
P1	Приобретение профессиональной эрудиции и широкого кругозора в области гуманитарных и естественных наук и использование их в профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-7) (ЕАС-4.2а) (АВЕТ-3А)
P2	Уметь анализировать экологические последствия профессиональной деятельности в совокупности с правовыми, социальными и культурными аспектами и обеспечивать соблюдение безопасных условий труда	Требования ФГОС ВО (ОК-3, ОК-4, ОК-7, ОК-9) ПК-4, ПК-5, ПК-13, ПК-15.
P3	Уметь самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОК-7, ОК-8, ОК-9) (АВЕТ-3и), ПК1, ПК-23, ОПК-6, ПК-23
P4	Грамотно решать профессиональные инженерные задачи с использованием современных образовательных и информационных технологий	Требования ФГОС ВО (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6) (ЕАС-4.2d), (АВЕТ3е)
<b>в области производственно-технологической деятельности</b>		
P5	Управлять технологическими процессами, эксплуатировать и обслуживать оборудование нефтегазовых объектов	Требования ФГОС ВО (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-13, ПК-14, ПК-15)
P6	Внедрять в практическую деятельность инновационные подходы для достижения конкретных результатов	Требования ФГОС ВО (ПК-1, ПК-5, ПК-6, ПК-10, ПК-12)
<b>в области организационно-управленческой деятельности</b>		
P7	Эффективно работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, обеспечивать корпоративные интересы и соблюдать корпоративную этику	Требования ФГОС ВО (ОК-5, ОК-6, ПК-16, ПК-18) (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d)
P8	Осуществлять маркетинговые исследования и участвовать в создании проектов, повышающих эффективность использования ресурсов	Требования ФГОС ВО (ПК-5, ПК-14, ПК17, ПК-19, ПК-22)
<b>в области экспериментально-исследовательской деятельности</b>		
P9	Определять, систематизировать и получать необходимые данные для экспериментально-исследовательской деятельности в нефтегазовой отрасли	Требования ФГОС ВО (ПК-21, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26)
P10	Планировать, проводить, анализировать, обрабатывать экспериментальные исследования с интерпретацией полученных результатов с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий	Требования ФГОС ВО (ПК-22, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26,) (АВЕТ-3b)
<b>в области проектной деятельности</b>		
P11	Способность применять знания, современные методы и программные средства проектирования для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов	Требования ФГОС ВО (ПК-27, ПК-28, ПК-29, ПК-30) (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е)

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

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

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

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

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Б5В	Машагову Евгению Сергеевичу

Тема работы:

Подбор оборудования для эксплуатации скважин в условиях активного выноса песка на нефтяных месторождениях Западной Сибири	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	59-122/с от 28.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2020
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Тексты и графические материалы отчетов и исследовательских работ, фондовая и научная литература, технологические регламенты, нормативные документы.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Описание причин и последствий пескопроявления в нефтяных скважинах; влияние гранулометрического состава пород на вынос мехпримесей; обзор современных технологий борьбы с пескопроявлением; анализ геолого-промысловых условий Ванкорского месторождения. Технологические методы борьбы с выносом песка; технические методы борьбы с выносом песка; расчет спуска потайной колонны хвостовика с фильтрами.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	

<i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Анализ современного состояния и эффективности методов борьбы с выносом пластового песка	Старший преподаватель Максимова Юлия Анатольевна
Методы защиты от негативного влияния выноса пластового песка при эксплуатации нефтяных месторождений	Старший преподаватель Максимова Юлия Анатольевна
Комплексный подход к борьбе с пескопроявлениями скважин нефтяных месторождений	Старший преподаватель Максимова Юлия Анатольевна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент, к.э.н. Рыжакина Татьяна Гавриловна
Социальная ответственность	Ассистент, к.т.н. Сечин Андрей Александрович
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Анализ современного состояния и эффективности методов борьбы с выносом пластового песка	
Методы защиты от негативного влияния выноса пластового песка при эксплуатации нефтяных месторождений	
Комплексный подход к борьбе с пескопроявлениями скважин нефтяных месторождений	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
Социальная ответственность	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	29.02.2020
---	------------

**Задание выдал руководитель / консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фадеева Светлана Васильевна	к.г.-м.н.		29.02.2020
Старший преподаватель	Максимова Юлия Анатольевна			29.02.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б5В	Машагов Евгений Сергеевич		29.02.2020

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

Школа: Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки (специальность): 21.03.01 Нефтегазовое дело  
 Уровень образования: высшее  
 Отделение школы (НОЦ): Отделение нефтегазового дела  
 Период выполнения: весенний семестр 2019 /2020 учебного года  
 Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.03.2020	Анализ современного состояния и эффективности методов борьбы с выносом пластового песка	25
08.04.2020	Методы защиты от негативного влияния выноса пластового песка при эксплуатации нефтяных месторождений	25
27.04.2020	Комплексный подход к борьбе с пескопроявлениями скважин нефтяных месторождений	30
13.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	10
24.05.2020	Социальная ответственность.	10

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фадеева Светлана Васильевна	к.Г.-М.Н.		29.02.2020

**Консультант**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Максимова Юлия Анатольевна			29.02.2020

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Максимова Юлия Анатольевна			29.02.2020

## **Обозначения, определения и сокращения**

**ПЗП** - призабойная зона пласта

**АНПД** - аномально низкие пластовые давления

**НПВ** – непроизводительное время

**ТКРС** – текущий и капитальный ремонт скважин

**УЭЦН** – установка электроцентробежного насоса

**ТВЧ** – твердые взвешенные частицы

**ГРП** – гидроразрыв пласта

**МРП** – межремонтный период

**КВЧ** – количество взвешенных частиц

**ПАВ** – поверхностно-активные вещества

**ПАА** – полиакриламид

**ПЭД** – погружной электродвигатель

**ГНО** – глубинно-насосное оборудование

**СНО** – средняя наработка на отказ

**ППФ** – протиопесочный проволочный фильтр

**ОЗЦ** – ожидание затвердевания цемента

**ФС** – фильтр скважинный

**ШУМ** – шламоуловитель модульный

**СПО** – спуско-подъемные операции

**ГНКТ** – гибкие насосно-компрессорные трубы

**КИН** – коэффициент извлечения нефти

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 90 страниц, в том числе 26 рисунков, 13 таблиц. Список литературы включает 41 источник.

Ключевые слова: пескопроявление, вынос песка, подбор оборудования, осложнения, скважинные фильтры, борьба с выносом песка, взвешенные частицы.

Объектом исследования являются технические и технологические методы борьбы с пескопроявлением.

Цель работы – анализ известных представлений по проблеме пескопроявления в процессе эксплуатации скважин; анализ технологических и технических решений для борьбы с пескопроявлением.

В рамках обзора научной литературы проанализированы причины образования пескопроявления. Рассмотрены технические и технологические методы борьбы с пескопроявлением в извлекаемом флюиде. Проведён анализ работы защитных устройств от пескопроявления, отмечены недостатки и преимущества различных конструкций фильтров. В таблице сведены основные сравнительные характеристики скважинных фильтров.

В результате даны рекомендации по использованию того или иного оборудования для получения наилучшего эффекта.

Область применения: скважины, характеризующиеся высоким количеством песчаных частиц в извлекаемом флюиде, а также скважины, вскрывающие слабосцементированные песчаные породы.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	9
1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ БОРЬБЫ С ВЫНОСОМ ПЛАСТОВОГО ПЕСКА .....	10
1.1. Описание причин и последствий пескопроявления в нефтяных скважинах .....	10
1.2 Влияние гранулометрического состава пород на вынос мехпримесей .....	15
1.3 Обзор современных технологий борьбы с пескопроявлением .....	17
2. МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ВЫНОСА ПЛАСТОВОГО ПЕСКА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ .....	18
2.1 Технологические методы борьбы с выносом песка .....	19
2.2 Технические методы борьбы с выносом песка .....	22
3 КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К БОРЬБЕ С ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯМИ СКВАЖИН НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ .....	38
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....	43
4.1 Расчёт экономической эффективности методов борьбы с механическими примесями .	43
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	50
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	50
5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	52
5.3 Экологическая безопасность .....	59
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	66
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	67

## ВВЕДЕНИЕ

Самый крупный нефтяной регион Российской Федерации – это Западная Сибирь, на добычу которой приходится около 56% добычи России. Важной особенностью продуктивных пластов этого региона является слабая сцементированность песчаников. При таких условиях эксплуатации скважин усиливается влияние осложнений, связанных с выносом пластового песка в ствол скважины.

Пескопроявление – это вынос частиц горной породы при перепаде давления под действием фильтрационного напора при определенной скорости движения флюидов из пласта в скважину. Вынос пластового песка вызывает следующие осложнения при эксплуатации скважин установками электроцентробежных насосов (УЭЦН):

- засорение и заклинивание насоса твердыми частицами;
- истирание насосов мелкими частицами;
- вибрация;
- снижение подачи насоса;
- снижение межремонтного периода.

Пескопроявление осложняет не только работу насосов. Крупные частицы песка осложняют работу насоса, создаются каналы прорыва воды, снижается дебит и подача насоса, что зачастую связано с высокой обводненностью механизированного фонда на завершающих этапах разработки месторождения.

Поэтому подбор технических и технологических решений по снижению количества твердых взвешенных частиц является весьма важным вопросом нефтяной промышленности. Только правильный аналитический подход к подбору технического или технологического решения, позволит качественно решить данную проблему с учетом экономической рентабельности и экологической безопасности.

# 1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ БОРЬБЫ С ВЫНОСОМ ПЛАСТОВОГО ПЕСКА

## 1.1. Описание причин и последствий пескопроявления в нефтяных скважинах

На сегодняшний день на завершающих этапах разработки находится большинство нефтяных месторождений Западной Сибири. Это подтверждает наличие сложных горно-геологических условий эксплуатации, которые включают различные сопутствующие осложнения:

- разрушение скелета призабойной зоны скважин;
- снижение пластового давления;
- увеличении обводненности добываемой продукции (высокие значения обводненности добываемого флюида являются способом интенсивного захвата песка в протекающий поток, а также вода, размывая алевролит, снижает сцепление частиц песка со скелетом породы и отрицательно сказывается на возможности образования свод);
- рост количества вынесенных механических примесей.

Пескопроявление - это вынос частиц горной породы, возникающий при перепаде давления под действием фильтрационного потока пластового флюида с определенной скоростью движения из пласта в скважину.

На рисунке 1 представлена схема основоположения пескопроявления, как глобальной проблемной системы, имеющей предпосылки зарождения, механизмы появления и развития [1].



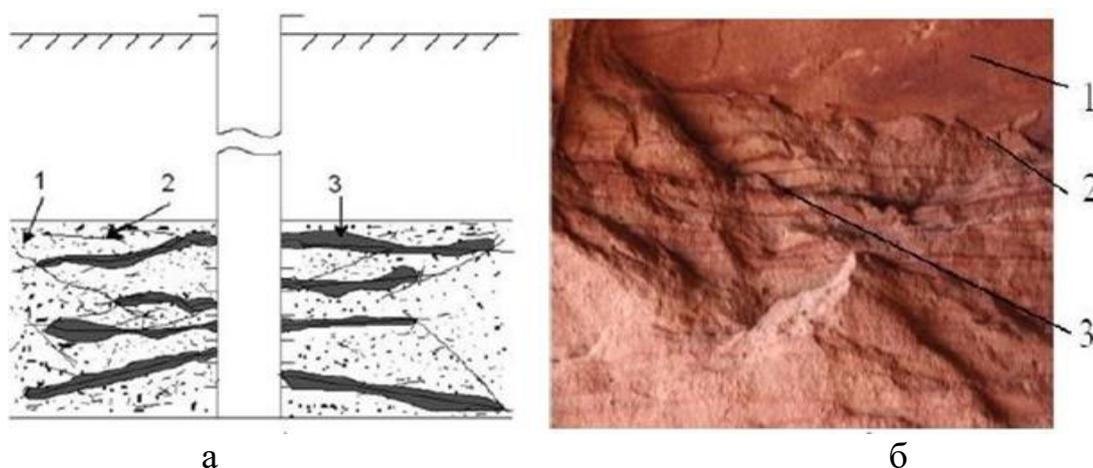
Рисунок 1 – Схема структуры проблемы пескопроявления

С точки зрения решения задачи прогнозирования выноса песка, необходимо более подробно рассмотреть данную проблему.

Касательно природы возникновения пескопроявлений имеются различные мнения. Крепление призабойной зоны скважины (ПЗП) в интервале слабосцементированных песчаников является очень важным фактором, который обосновывает важность избирательного характера разрушения данного вида породы. Данный результат связан с созданием каналов с высокой проницаемостью вдоль разломов, трещин, вдоль пролегания пропластков в одном стратиграфически выраженном пласте.

В процессе добычи, горная порода, состоящий из различных обломочных частиц, выносится совместно с добываемым потоком флюидов с формированием открытых пористых связанных каналов, где и происходит затор механических примесей, откладываясь в этих кавернах, образуя баррикаду (преграду) движению жидкости (рисунок 2). В призабойной зоне пласта большие перепады давления, в связи с чем, вынос песка усиливается при приближении к забою скважины.

На рисунке 2 представлена схема формирования высокопроницаемых участков в ПЗП.



а – формирование высокопроницаемых участков в призабойной зоне пласта; б – тектоническое нарушение терригенного коллектора; 1 – слабосцементированный песчаник; 2 – трещинообразование; 3 – участки в породе с высокой проницаемостью.

Рисунок 2 – Схема формирования высокопроницаемых участков в призабойной зоне пласта

Вынос песка в поры породы призабойной зоны пласта оказывает наибольшую степень влияния в образовании засорений и осложнений погружного оборудования. Пескопроявление зависит от:

- слабосцементированности песчаного коллектора;
- скорости движения частиц флюида в пласте;
- повышенной депрессии;
- вязкости пластового флюида;
- загрязненности ПЗП.

Анализируя работу Бабазаде Э.М. «Роль интеллектуальных скважин в осуществлении контроля над пескопроявлением», были выявлены основные механизмы, которые вызывают отделение частиц песчаника от породы-коллектора и способствуют дальнейшему выносу в ствол скважины:

- истощение энергии пласта;
- аномальные пластовые давление (при аномально низких пластовых давлениях (АНПД) происходит образование песчаных пробок, засорение и кольматация проходных отверстий фильтра, что как по отдельности, так и в совокупности ведет к снижению дебита нефти и увеличению непроизводительного времени (НПВ));
- превышение предельного значения депрессии;
- прорыв воды из водоносных горизонтов;
- запуск в работу насосов и вывод скважин на режим после ТКРС;
- кратковременные остановки скважин;
- работа скважины при условии высокого значения динамического уровня и низкого значения обводненности.

В работе [2], которая направлена на исследования и разработку техники и технологии заканчивания методом прострелочно-взрывных работ скважин, предложена классификация факторов пескопроявления с выделением в три основные группы. В таблице 1 представлена данная классификация.

На основе данных, полученных с научного центра ОАО «НК «Роснефть» [3], следует сказать, что предпосылки и причины пескопроявления (рисунок 3) можно разделить на три части.

Таблица 1 – Классификация причин выноса песка в ствол скважины

<b>Группа</b>	<b>Факторы</b>
Геологические	<ul style="list-style-type: none"> <li>– глубина залегания продуктивного пласта;</li> <li>– пластовое давление;</li> <li>– степень цементированности породы;</li> <li>– естественная проницаемость;</li> <li>– угловатость, глинистость пластового песка;</li> <li>– движение подошвенных вод и растворение цементирующего вещества;</li> <li>– длительность выноса песка.</li> </ul>
Технологические	<ul style="list-style-type: none"> <li>– дебит скважины;</li> <li>– величина депрессии на пласт;</li> <li>– ухудшение естественной проницаемости;</li> <li>– фильтрационные нагрузки;</li> <li>– нарушение капиллярного сцепления песка.</li> </ul>
Технические	<ul style="list-style-type: none"> <li>– интервал вскрытия пласта;</li> <li>– закупорка перфорационных каналов.</li> </ul>



Рисунок 3 – Блок-схема предпосылок и причин выноса песка

На месторождениях с завершающими стадиями разработки с наличием выноса песка, необходимо рассматривать различные направления следствия развивающихся проблем. На рисунке 4 представлена блок-схема основных последствий выноса песка.



Рисунок 4 – Блок-схема последствий выноса песка

Вынос песка создает различные проблемы для работы скважины при использовании электроцентробежных насосов (УЭЦН). Таковыми зачастую являются:

- забивка и клин вала насоса, из-за оседания твердых частиц ( $> 200$  микрон);
- срезка поверхности колес насоса ( $< 200$  микрон);
- вибрационное воздействие;
- падение загрузки насоса;
- уменьшение времени межремонтного периода.

Пескопроявление оказывает отрицательное влияние не только на УЭЦН, так как взвешенные частицы проникают вместе с клином воды, прорываясь в межколонное пространство, а также дает разрушение обсадной колонне, в связи с чем часты случаи негерметичности эксплуатационной колонны.

Происходит ухудшение всех частей компоновки УЭЦН, фокусируясь на износ вала, истирание колес, отказу (перегреву) двигателя, различным срывам подачи, уменьшая коррозионную стойкость оборудования.

На основании проведенных опытов можно сделать заключение, что имеется большое количество случаев скважино-операций, которые не имеют экономической рентабельности, при использовании методов борьбы с высоким выносом песка. Поэтому, при подходе к изучению данного вопроса, необходимо тщательно рассматривать выбор технологии по предотвращению выноса песка, а также с получившейся борьбе с ним.

## **1.2 Влияние гранулометрического состава пород на вынос мехпримесей**

Особенностями поровых коллекторов месторождений Западной Сибири являются сравнительно высокие содержания глинистого цемента (до 35 %). Это приводит к тому, что при первичном вскрытии продуктивного пласта на пресном глинисто-полимерном растворе происходит интенсивное проникновение фильтрата бурового раствора далеко в продуктивный пласт и, вследствие

постепенного набухания глинистого цемента коллектора, закупорка существенной доли поровых каналов. Скорее всего, данный фактор является превалирующим в процессе снижения проницаемости призабойной зоны скважины и последующем снижении ее продуктивности. Учитывая, что в глинистом растворе частицы твёрдой фазы нарабатываются по размеру произвольно, а не целенаправленно, фильтрационная корка.

Стр. 15-19 удалены, так как содержат коммерческую тайну.

Одним из необходимых параметров является гранулометрический состав механических примесей, который позволяет точнее определить метод защиты скважинного оборудования. Анализ гранулометрического состава проводился методом микроскопии.

Призабойная зона пласта скважин подвержена отрицательному влиянию мехпримесей, которые, попадая в неё, снижают производительность (приемистость) скважин. Гранулометрический состав песка из проб, отобранных со сточного коллектора месторождения X представлены в таблице 2:

Таблица 2 – Гранулометрический состав песка из проб, отобранных со сточного коллектора

№ п/п	Гранулометрический состав песка, мкм	Содержание, % масс.
1	30–100	31
2	100–190	37
3	190–280	32

Как следует из представленных данных, третья часть мехпримесей имеет значительные размеры - 190–280 мкм.

В связи с высоким содержанием и размерами мехпримесей забиваются фильтры, ухудшается процесс вытеснения нефти из низкопроницаемых пропластков, что приводит к уменьшению коэффициента извлечения нефти (КИН).

### **1.3 Обзор современных технологий борьбы с пескопроявлением**

Попадание песочной породы в скважины при добыче углеводородов – распространенная проблема, и для ее решения желательно искать современные методы борьбы. Способы борьбы с перкопроявлениями очень разнообразны и несут различных характер и направленность воздействия, а их функциональность рекомендательна к применению на различных этапах разработки нефтяного месторождения.

Современные способы позволяют сохранить в целости ствол и устье скважины, даже если грунты имеют высокую подвижность и нестабильны с геологической точки зрения. Борьба с пескопроявлениями позволяет разрабатывать месторождения и в пустынях, и других типах местности, где важно учитывать состояние пластов. Чаще всего для работы применяют постоянно работающие фильтры, а при забивании или обрушении скважины может потребоваться промывка/прочистка.

Стр. 21-30 удалены, так как содержат коммерческую тайну.

## **2. МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ВЫНОСА ПЛАСТОВОГО ПЕСКА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

На сегодняшний день существует большое количество различных методов борьбы с пескопроявлением начиная от воздействия на призабойную зону и заканчивая различными фильтрами. Большая разнообразность методов дает возможность их применения при разработке месторождения в различных геологических условиях и на любых стадиях.

Методы борьбы с пескопроявлением можно разделить на две основные группы:

- предотвращение выноса песка из пласта (технологические методы);
- борьба с пескопроявлением при эксплуатации скважин (технические методы).

Первая группа имеет большую эффективность и результативность при промышленных испытаниях. Зачастую, эта группа включает в себя следующие методы: сокращение добычи жидкости, для снижения поступления песка, снижая депрессию, но также снижая дебит нефти; Крепление призабойной зоны различными реагентами, композициями, в основе которых лежат: химия, физико-химия и механическое воздействие.

Вторая группа включает способы ликвидации образования пробок из песка, меры по предотвращению попадания частиц во внутреннюю полость труб с добываемым потоком: скважинные фильтры различных типов, полые штанги, сепараторы, якоря, покрытия оборудования (для предотвращения абразивного воздействия, коррозии по телу трубы).

Методы борьбы с механическими примесями включают 4 основных принципа [4]:

1. снижение попадания твердых взвешенных частиц (ТВЧ) в ствол скважины;
2. снижение попадания ТВЧ в насосную установку;

3. проведение технических мероприятий;
4. проведение промывочных работ.

Выбор метода борьбы с пескопроявлением в добывающих скважинах в каждом отдельном случае подбирается индивидуально, но в любом случае учитывается дебит скважины, гранулометрический состав и физико-химический состав пластового флюида [5]. Комплексный подход с учетом всех геологических и технических особенностей позволит успешно решить проблему пескопроявления, так как у каждого способа есть свои достоинства и недостатки.

## **2.1 Технологические методы борьбы с выносом песка**

Механические пластовые свойства породы с учетом начальных показателей и отклонений равновесия термодинамической системы является основой технологических методов предотвращения выноса песка. Одними из самых распространенных методов являются:

- крепление пород в ПЗП;
- ограничение водопритоков, потокоотклонение.

Чтобы получить максимальные значения депрессии, нужно оценить пороговые показатели начала осыпания пласта. Правильно подобранный метод позволяет контролировать депрессию, не превышая при этом критические значения разрушения горной породы, что значительно снижает риски выноса песка в добываемый поток.

Для обеспечения роста дебита на нефтяных месторождениях стараются увеличить значения депрессии в призабойной зоне, и в результате чего получают разрушение породы и дальнейшее ее попадание в ствол скважины. При эксплуатации скважины после использования различных методов увеличения нефтеотдачи пластов, а также методов повышения производительности, возможен захват и вынос оставшегося после кислотной обработки и дальнейшей промывки материала горной породы, незакрепленного проппанта после гидроразрыва [6].

## **Крепление горных пород**

Крепление горных пород является технологией сдерживания выноса песка, которая осуществляется с помощью закачки в пласт испытанных лабораторными и промышленными испытаниями минеральных вяжущих композиций, полимерных растворов, фенольных смол. Распространены составы типа «Онторен-2», состоящие из смол, до 20% минеральных солей и 10-уротропина [7].

Часто используют состав «ЛИНК» [8], который применяют по следующей технологии: 1) поочередное закачивание оторочки буферной жидкости (6-8 м); 2) прокачивание основного рабочего состава; 3) закачивание смазывающей кольматирующей пачки (нефти, дизельного топлива (и т. д.)) объемом в 1,5 раза основного рабочего состава; 4) оставление композиции на время реагирования, схватывания, затвердевания; 5) подготовка скважины к вводу.

Плюсами данной технологии является не только крепление призабойной зоны, но и изоляция водопритоков, снижение обводненности в добываемой продукции. Минус – возможное ограничение нефтенасыщенной части пласта, что влечет за собой прекращение поступления флюида [9].

Для закрепления проппанта после проведения гидроразрыва пласта (ГРП) и предотвращения его выноса активно внедряют технологию «Fores RCP».

Разработки [10] и [11] применительны к скважинам с маленьким межремонтным периодом (МРП), и с высокими значениями количества взвешенных частиц (КВЧ) со слабосцементированных пластов. Данные технологии действуют по принципу образования в ПЗП проницаемого канала, предназначенного для прохождения в нем добываемого потока и предотвращения выноса частиц слабосцементированной породы. Основа этих составов - RCP-проппант, объем которого основывается на гранулометрическом составе вынесенного песка.

## **Потокоотклоняющие технологии и ограничение водопритоков**

Проницаемость по мощности пласта распространяется неравномерно, следовательно, в участках пласта с высокой проницаемостью зачастую

происходит резкий рост водонасыщенности в связи с превышающей подвижностью воды над нефтью. При этом полная выработка нефтенасыщенной зоны остается невозможной, о чем также свидетельствуют появления промытых зон в пласте-коллекторе.

Применение потокоотклонения улучшает перераспределение потоков в неоднородных по проницаемости участках пласта с высокой обводненностью, препятствует прорыву воды использованием:

- осадкообразующих систем, в основу которых входят полимерные растворы, гидрофобизирующие поверхностно-активные вещества (ПАВ), пенообразующие вещества;
- дисперсных систем (волокна, для улучшения коллекторских свойств, древесная мука, глиняный порошок [12,13,14]; полимеры, для увеличения фильтрационного сопротивления в обводненных зонах [12,15];
- органических растворов, которые базируются на селективных материях (в основе соединения кремния, для блокирования высокопроницаемых участков) [12];
- жидкого стекла ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ). прокачкой данного агента в пласт осуществляется выпадение осадка, который не растворяется, что значительно снижает проницаемость пласта [12];
- биополимеров (полимеров, которые растворяются водой – полисахариды микробов, схожих по своим физико-химическим и реологическим свойствам с полиакриламидом (ПАА), имеющих высокую стойкость к перепаду температур и сдвиговым нагрузкам [12,16].

Однако, помимо вышеперечисленных технологий часто используют резинкорд, реагент «Емпоскрин» [17], а также дисперсных систем для потокоотклонения с прорезиненными частицами [12,18]. Рентабельность состоит в низкой стоимости составляющих компонентов отработанных остатков резиносодержащего материала и нефтепродуктов [12,19].

В горизонтальных скважинах также часто применяют технологию «ТАТНИПИнефть». Данная разработка заключается в использовании тампонажной композиции совместно с буферной оторочкой, которая охватывает околоскважинную зону горизонтального участка, при экранировании оторочки железосодержащей облицовкой, для снижения выноса состава в ствол скважины [20]. Компания «ТюменНИИгипрогаз» совместно с ТюмГНГУ разработали технологию изоляции водопритока к горизонтальной скважине с помощью гибких насосно-компрессорных труб (ГНКТ) [21,22]. Технология основана на поочередном закачивании при пропуске жидкости через ГНКТ, для заполнения обводненного участка стволовой горизонтальной части.

## **2.2 Технические методы борьбы с выносом песка**

Наиболее распространенными, экономически целесообразными и универсальными методами являются технические разработки по предотвращению или снижению проникновения песка в добываемую продукцию, рабочие органы насоса, во внутреннюю полость насосно-компрессорных труб и других частей компоновки УЭЦН. К техническим способам борьбы с пескопроявлениями относят использование следующего оборудования:

- фильтры;
- сепараторы механических примесей;
- песочные якоря;
- износостойкое оборудование.

### **Фильтры**

Фильтры – это часть компоновки УЭЦН или обсадной колонны (хвостовика), которая предназначена для предотвращения попадания частиц песка в добываемый поток по принципу сетки, сдерживая крупные частицы, тем самым фильтруя пластовую жидкость.

Фильтр, как и любое другое устройство имеет ряд требований:

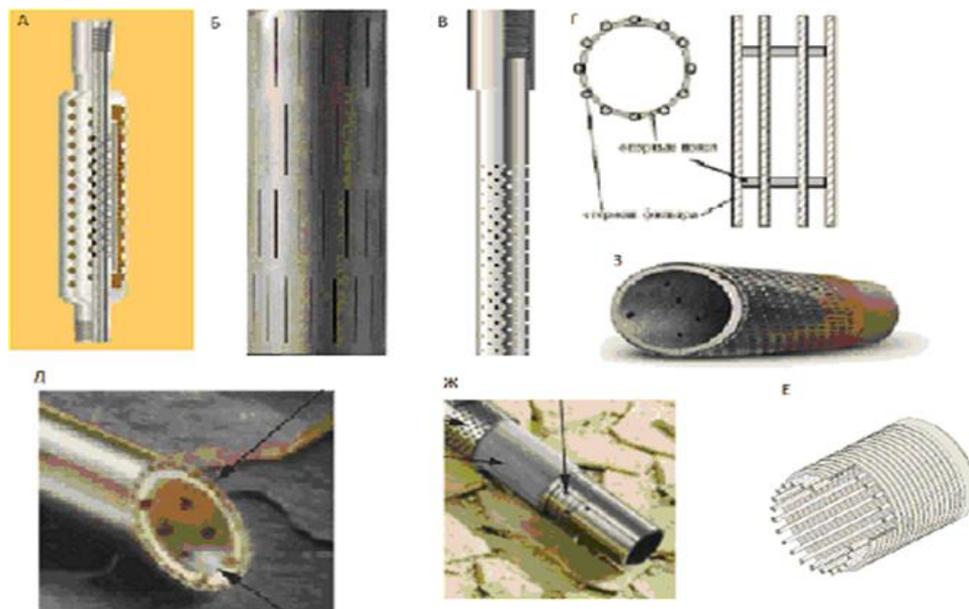
- прохождение углеводородов во внутреннюю полость насоса;
- снижение создания дополнительного сопротивления добываемому потоку;
- предохранение погружного оборудования от износа.

Для того, чтобы подобрать фильтр, необходимо рассчитать размер щелевых (проходных) отверстий, для лучшего соотношения проходимости и предотвращения попадания частиц более определенного размера.

Классификация фильтров с критерием фильтрующего элемента была представлена в публикации «Отечественные фильтры для закачивания скважин».

В основном, используют следующие виды фильтров: намывные гравийные; проволочные; сетчатые листовые; перфорированные; щелевые.

Каждая группа фильтров разделена по модификации и другим изменяемым параметрам. Для максимальной эффективности и сокращения затрат на опытные испытания используют комбинированные фильтры, совмещающие в себе несколько видов фильтров.



А – гравийный фильтр; Б – щелевой фильтр; В – перфорированный фильтр; Г – схема каркасно- стержневого фильтра; Д – проволочный скважинный фильтр; Е – фильтр с опорным элементом; Ж – сетчатый скважинный фильтр; З – щелевой фильтр.

Рисунок 14 – Изображение фильтров для борьбы с пескопроявлением

В работе [17] проанализированы достоинства и недостатки различных фильтров, применяемых на Ванкорском месторождении и представлена их классификация. Наиболее распространенными являются конструкции каркасно-стержневого, кольчатого и перфорационного фильтров (рисунок 14). При этом известно большое количество фильтров, принцип действия которых заключается в том, что частицы пласта задерживаются вокруг отверстий фильтра. К таким противопесочным конструкциям относят:

- проволочные фильтры, фильтрующая поверхность которых состоит из многослойных сеток;
- фильтры с щелевыми и круглыми отверстиями;
- забойные каркасные фильтры с гравийным наполнением.

Анализируя зарубежный и отечественный опыт применения противопесочных фильтров, которые используются в нефтяной промышленности, были выведены следующие требования:

- обеспечение заданных характеристик: производительности, долговечности и уровня отсека песка по размерам частиц;
- обеспечение остаточной механической прочности и устойчивости в условиях коррозионной и эрозионной нагрузки;
- должна обеспечиваться возможность проведения очистки фильтра механическим или химическим способом.

Недостатком данного вида фильтров является то, что в процессе эксплуатации установленный фильтр может засоряться, образовываясь песчаные пробки, уменьшая эксплуатационные характеристики скважины. Вместе с тем, когда продуктивный пласт представлен песчаником, который состоит из довольно мелких зерен, существует возможность проникновения этих зерен через барьер.

Одними из основных требований, которые предъявляются к противопесочным фильтрам относят:

- обеспечение максимального проходного сечения фильтрующего элемента;
- обеспечение минимальной кольматации проходного сечения во время работы.

При подборе фильтра учитываются следующие характеристики:

- гранулометрический состав;
- пористость и проницаемость пласта;
- вязкость в пластовых условиях;
- дебит скважины;
- пластовые давление и температура;
- конструкция скважины;
- физико-химические характеристики извлекаемого флюида.

Известны также различные конструкции фильтрующих устройств, в которых используются различные фильтрующие элементы:

- щелевые;
- ленточно-перфорированные;
- металлоспеченные;
- пенометаллические.

Каждый тип фильтрующего элемента имеет свои преимущества и недостатки [18]. В таблице 4 сведены преимущества и недостатки фильтров, имеющих различные конструкции.

Таблица 4 – Преимущества и недостатки фильтров различных конструкций

Тип фильтра	Достоинства	Недостатки
Щелевой	<ul style="list-style-type: none"> <li>- простая конструкция;</li> <li>- облегчённый процесс регенерации;</li> <li>- низкая засоряемость;</li> <li>- выдерживают повышенные перепады давления</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- большая удельная длина;</li> <li>- разный фильтрующий зазор в двух взаимно перпендикулярных плоскостях;</li> <li>- низкая точность фильтрации;</li> <li>- маленькая площадь проходного сечения;</li> <li>- высокое гидравлическое сопротивление;</li> <li>- возможность деформации незащищённого фильтрующего элемента при спуске фильтра в скважину;</li> <li>- необходимость компенсации при увеличении длины фильтрующего элемента, вызванного тепловым расширением;</li> <li>- разная конструкция для нагнетательных и добывающих скважин</li> </ul>
Пенометаллический (открыто-ячеистый)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- высокая механическая прочность;</li> <li>- объёмный механизм фильтрации;</li> <li>- сообщающая пористость – 95 %;</li> <li>- возможность частичной очистки противотоком</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- быстрая засоряемость;</li> <li>- хрупкость;</li> <li>- не коррозионное исполнение</li> </ul>
Сетчатый	<ul style="list-style-type: none"> <li>- одинаковый фильтрующий зазор в двух взаимно перпендикулярных плоскостях;</li> <li>- низкое гидравлическое сопротивление;</li> <li>- высокая удельная поверхность фильтрации;</li> <li>- технология производства позволяет изготавливать фильтры с различной толщиной фильтрации (до 20 мкм);</li> <li>- возможность изготовления многослойных фильтрующих элементов;</li> <li>- прочность к ударным и вибрационным нагрузкам;</li> <li>- возможность очистки противотоком</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- сложная конструкция;</li> <li>- чувствительность к высокому давлению внутри фильтра при засорении (проблема решается введением в конструкцию предохранительного клапана);</li> <li>- дороговизна</li> </ul>

Далее рассмотрены сравнительные характеристики наиболее распространенных фильтров.

**1) Фильтр скважинный (ФС-73).** Фильтр скважинный устанавливается на пакере и размещается напротив зоны перфорации для очистки скважинной жидкости от частиц песка (рисунок 15). Данный фильтр представляет собой перфорированный корпус, снаружи которого устанавливается фильтрующий элемент (рисунок 16).

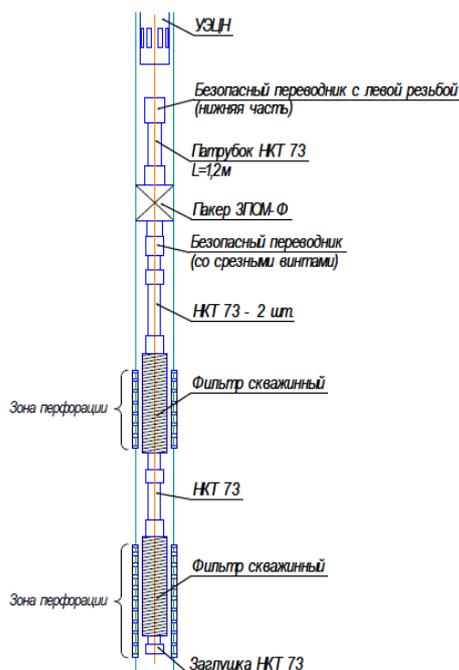


Рисунок 15 – Размещение фильтра ФС-73 в скважине



Рисунок 16 – Состав скважинного фильтра ФС-73

Фильтр скважинный имеет следующие преимущества: возможность использования нескольких рейсов УЭЦН без подъема фильтра; пропускная способность  $400\text{м}^3$ ; универсальность, не зависит от габарита УЭЦН.

Фильтр скважинный имеет следующие недостатки: увеличение времени на ТРС (скреперования, дополнительная СПО); риск преждевременного распакования пакера при СПО, или наоборот нераспакования при посадке; риск повреждения пакера; риск прихвата и аварии при извлечении фильтра; пропуски КВЧ и проппанта при негерметичности пакера; засорение фильтра, в результате отсутствие притока; использование фильтра только после подтверждения потенциала скважины (не менее чем 2-й рейс после ГРП).

**2) Фильтр-насадка трубная (ФНТ).** ФНТ – фильтр-насадка, состоящая из корпуса, крепления и фильтрующей части, герметизирующей части, предназначена для защиты погружного оборудования от выноса песка, механических примесей, проппанта (рисунок 17). Приспособлен для колонн диаметра 146мм и 168мм соответственно). Фильтр-насадка крепится к компенсатору или донной части погружного электродвигателя (ПЭД) через разобщик.

ФНТ имеет следующие преимущества: самоочищающийся (за счет вибрации УЭЦН); большая пропускная способность  $400\text{м}^3$ ; удобство монтажа (к компенсатору ПЭД через резьбовое соединение); не зависит от габарита УЭЦН; не увеличивает время на ТРС (СПО вместе с УЭЦН).

ФНТ имеет следующие недостатки: риск повреждения резиновой конструкции пакера при спуско-подъемных операциях (СПО); риск нераспакования при посадке; зависимость от максимальной допустимой нагрузки на компенсатор ПЭД (до 500кг).



Рисунок 17 – Изображение трубного фильтра-насадки

**3) Шламоуловитель модульный (ШУМ).** ШУМ – устройство, предназначенное для защиты насоса от попадания ТВЧ. Чаще всего используется в скважинах после ГРП, а также в начальный момент эксплуатации УЭЦН. Шламоуловитель устанавливается в составе УЭЦН в виде дополнительной модуль – секции, которая устанавливается между нижней секцией насоса ЭЦН и входным модулем.

Принцип действия состоит в том, что во время поступления добываемого флюида в ШУМ, ТВЧ под влиянием центробежных сил отбрасываются к периферии, далее собираются в аппараты-накопители. После этого, добываемый флюид поступает в диспергирующие ступени, где происходит измельчение газовых пробок. Таким образом, однородная газожидкостная смесь поступает на рабочие ступени насоса, и затем на вход погружного центробежного насоса.

ШУМ имеет следующие преимущества: удобство монтажа (находится в составе УЭЦН); не увеличивает время на ТРС (СПО вместе с УЭЦН); улавливает все размеры взвешенных частиц и мех. примесей, проппант.

ШУМ имеет следующие недостатки: увеличивает общую длину УЭЦН; зависит от объема для осаждения механических примесей, при большем КВЧ быстро забивается; зависит от габарита УЭЦН; скручивание шлицев и слом вала ШУМ в процессе эксплуатации; утончение стенки и слом ступиц аппаратов, направляющих под воздействием потока жидкости с присутствием КВЧ в процессе эксплуатации; максимальная пропускная способность: 5габарит – не более 125м<sup>3</sup>/сут; 5А – не более 200м<sup>3</sup>/сут. На рисунке 18 представлено размещение ШУМ в компоновке УЭЦН.

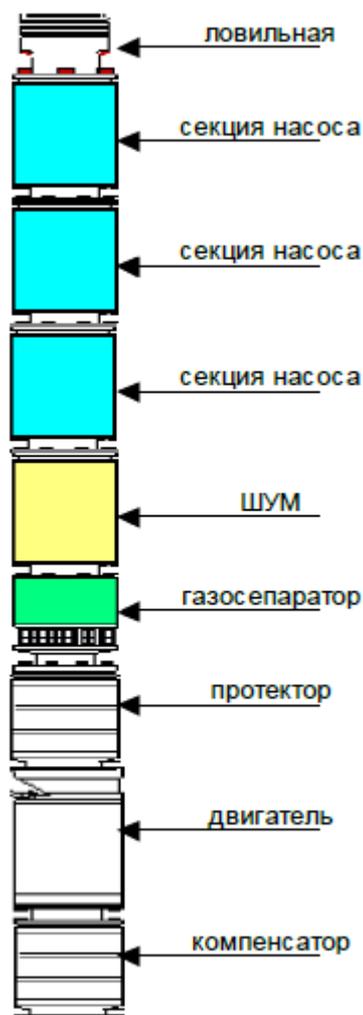


Рисунок 18 – Размещение шламоуловителя модульного в компоновке электроцентробежного насоса

**4) Щелевой фильтр ЖНШ.** В щелевом фильтре ЖНШ, произведенного ЗАО «Новомет-Пермь», используются щелевые решётки из V-образной проволоки из высокопрочной нержавеющей стали. Фильтр устанавливается в составе УЭЦН. Размер задерживаемых частиц – 0,1-0,2мм.

Фильтры ЖНШ имеют следующие преимущества: самоочистка (за счет вибрации УЭЦН); удобство монтажа (находится в составе УЭЦН); не увеличивает время на ТРС; ремонтпригодность; не подвержен засорению, что обеспечивает минимальные потери подпора на приеме ЭЦН и стабильно высокие показатели работы последнего.

Фильтры ЖНШ имеют следующие недостатки: увеличивается общая длина УЭЦН; применяется только с газосепаратором без входного модуля (приходится

покупать в комплекте с ЖНШ); зависит от габарита УЭЦН (комплектуется 5 или 5А габарита); имеет высокую стоимость; имеет ограничения по нагрузке на вал.

**5) Шламоуловитель МВФ.** Шламоуловитель МВФ производства ЗАО «Нововет-Пермь» представляет собой многослойный фильтроэлемент из пеноникеля, который задерживает частицы диаметром более 0,25мм. Пористость достигает 99%. Входной модуль оборудован клапаном, срабатывающим при засорении фильтра. Фильтр устанавливается в составе УЭЦН (рисунок 19).

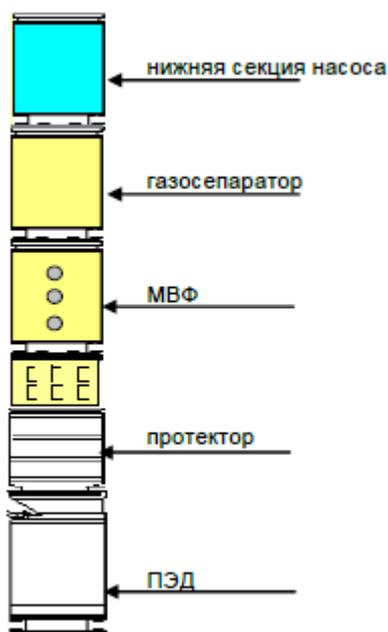


Рисунок 19 – Шламоуловитель МВФ ЗАО «Нововет-Пермь»

К преимуществам шламоуловителя МВФ относят: удобство монтажа (находится в составе УЭЦН); не увеличивает время на ТРС (СПО вместе с УЭЦН); при засорении фильтрующего элемента обеспечивается проход жидкости минуя МВФ (при помощи пластичных клапанов).

К недостаткам шламоуловителя МВФ относят: твердые частицы остаются в фильтре; увеличивается общая длина УЭЦН; применяется только с газосепаратором без входного модуля; ограничение по мощности передаваемой валом МВФ –5 габарит (85кВт), 5а габарит (140кВт); максимальная пропускная способность 5 габарита – 125м<sup>3</sup> (не защищает Э-200), 5А габарита – 280м<sup>3</sup> (но из-за ограничения по валу максимальная комплектация с Э-250); сложный ремонт (сильная отбраковка деталей, что влияет на стоимость)

Таблица 5 – Сравнительные характеристики наиболее распространенных фильтров механических примесей

Фильтр	ФС-73	ФНТ	ШУМ	МВФ	ЖНШ
Группа	Забойный	Фильтр-насадка	В составе УЭЦН		
Фильтрующий элемент	Высоколегированная сталь	Высокопрочная профилированная неж. сталь	Шламоотстойник для взвешенных частиц	Многослойный пеноникель	Высокопрочная профилированная неж. сталь
Размер улавливаемых частиц	0,3	0,2	Всех размеров	0,3	0,2
Время на ТРС	увеличивает	не увелич.	не увелич.	не увелич.	не увелич.
Зависит от габарита	нет	нет	да	да	да
Максимальная пропускная способность м3/сут	400	400	5 габарит - 125	5 габарит - 125	5 габарит - 400
			5А габарит- 200	5А габарит- 280	5А габарит - 460
Максимальная нагрузка на валу, кВт	-			5 габарит - 85	5 габарит - 110
				5А габарит- 140	5А габарит - 180
Пригодность к ремонту	Не пригодны в большинстве случаев		Пригоден	Сложный ремонт, большая отбраковка деталей	Пригоден

Анализируя таблицу 5 можно сделать вывод о том, что лучший по сравнительным характеристикам фильтр – ЖНШ. У любых фильтров есть два основных недостатка. Во-первых, механические примеси оседают на забое и засоряют его, ограничивая приток. Во-вторых, засоряясь фильтр ограничивает приток жидкости в насос.

## Сепараторы и десендеры

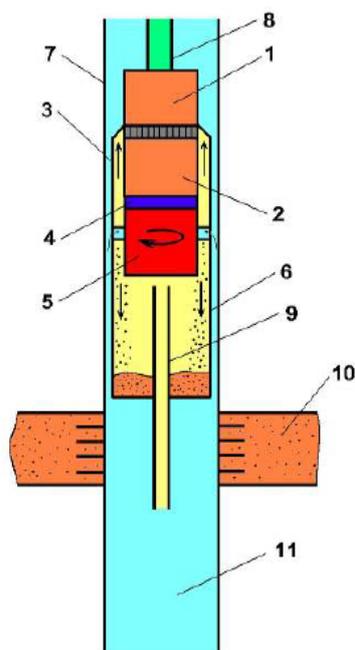
Компоновка погружного сепаратора механических примесей (ПСМ), устанавливаемого в нижней части установки, должна содержать двусторонний погружной электродвигатель и две гидрозащиты. Принцип действия основан на том, что поступающая из пласта жидкость попадает на прием сепаратора и под действием центробежных сил происходит отделение твердых частиц. Преимуществом является то, что отделившиеся после сепарации частицы накапливаются в контейнере, обеспечивается защита УЭЦН от пикового выноса механических примесей из пласта при запуске УЭЦН, возможна обработка жидкости ингибитором солеотложения. Основным недостатком является сложность конструкции.

Десендеры (сепараторы песка) бывают двух типов: гравитационные и инерционные.

Действие гравитационных десендеров основано на работе силы гравитации: частицы вместе с потоком попадают в кольцевое пространство сепаратора между внутренней и внешней стенкой, и, поднимаясь вверх, меняют направленность. В результате чего тяжелые частицы оседают.

Принцип действия инерционных десендеров (рисунок 20) также основывается на движении в кольцевом пространстве полости сепаратора, но дальнейшее движение потока проходит через отвод песка, и, за счет центробежных сил, частицы песка уходят в этот отвод. Далее поток меняет направленность и двигается вверх.

Достоинства десендеров заключается в отсутствии воздействия на ПЗП, простоте конструкции и монтажа, нет необходимости в подпитке электроэнергией. Минусы в том, что частицы, которые оседают в определенной емкости накапливаются, и для очистки необходим подъем подземного оборудования.

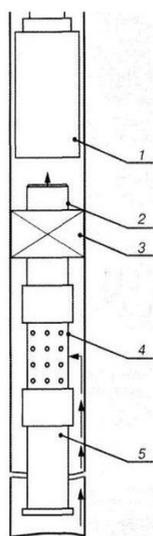


- 1 – ЭЦН, 2 – ПЭД, 3 – кожух,
- 4 – муфта,
- 5 – центробежный сепаратор мехпримесей,
- 6 – отстойник,
- 7 – скважина,
- 8 – НКТ,
- 9 – перепуская труба,
- 10 – пласт,
- 11 – зумпф

Рисунок 20 – Принципиальная схема центробежной сепарации мехпримесей на приеме УЭЦН

### **Песочный якорь**

Песочные якоря предназначены для отделения песка от нефтяного потока при изменении направления движения струи и прохождения через фильтрующую часть. Якорь крепится к обсадной колонне с помощью пакера, и располагается ниже компоновки УЭЦН, препятствуя минованию потока жидкости фильтрующую часть (рисунок 21). Минусом является накопитель, который засоряется через определенное время, и для его смены необходимо останавливать скважину и осуществлять подъемные операции, при этом необходимо делать замену пакера.



1. ЭЦН
2. Клапан-отсекатель
3. Пакер
4. Песочный якорь
5. Накопитель

Рисунок 21 – Схема и обозначения песочного якоря «Тайберсон»

### **Износостойкое оборудование.**

Абразивные частицы, оказывая влияние на детали УЭЦН, способны привести к радиальному износу опоры вала, износу ступеней, отказу протекторов и двигателя, забиванию насоса, слому вала, ускорению темпов коррозии и потерь металла в условиях коррозионного флюида. Для предотвращения этих проблем необходимо использовать износостойкое оборудование.

На основании опыта и анализа отказов, главная причина отказа оборудования в скважинах с абразивным флюидом – радиальный износ опоры вала в самом насосе, на его приеме или в обоих местах. С увеличением износа подшипника увеличивается вибрация вала. В свою очередь вибрации вызывают утечки через уплотнитель протектора, что ведет к попаданию пластовой жидкости в двигатель и отгаранию его обмоток. Нецентральное вращение вызывает большие нагрузки на подшипники. Вибрации служат причиной слома валов в слабых точках при запуске.

Для решения проблемы радиального износа стоит обратить внимание на свойства материала подшипников, конфигурацию подшипников и схему сборки. В свою очередь, для оценки поведения подшипников стоит оценить твердость материала, коэффициент износа, прочность и устойчивость к коррозии. Более твердые материалы имеют обычно меньшую прочность, т.е. они не могут выдерживать множественные удары без механического повреждения, поэтому

материал не должен быть слишком твердым, чтобы обеспечить необходимую прочность. Касательно коррозии, необходимо отметить, что цирконий и карбид кремния как неметаллическая керамика имеют большую устойчивость к коррозии, чем другие материалы. Другие керамические материалы (никель или кобальт в матрице карбида вольфрама) имеют металл в составе и поэтому более склонны к коррозии. В таблице 6 сведены сравнительные характеристики наиболее распространенных материалов подшипников.

Таблица 6 – сравнительные характеристики наиболее распространенных материалов подшипников.

<b>Материал</b>	<b>Жесткость, Викерсы</b>	<b>Средний коэффициент износа</b>	<b>Коррозия в 15% HCl</b>	<b>Прочность</b>
Цирконий	1200	0,19	0,02%	3,5
Карбид кремния	2600	0,045	0,004%	0,5
Карбид вольфрама	1600	0,035	>4%	1,5
Белый чугун	1000	123,4	-	-

При правильном выборе материал подшипников должен выдерживать все возможные условия работы. Например, цирконий не самый износостойкий материал, но он лучший по остальным трем критериям.

Для уменьшения износа ступеней рекомендуется использовать более твердые сплавы, различные покрытия ступеней. В качестве покрытий может выступать керамические покрытия. Карбид вольфрама рекомендуется для покрытия подверженных эрозии поверхностей. Карбид хрома рекомендуется для покрытия концов лопастей. Материал покрытия выбирается в зависимости от наличия коррозионной среды при воздействии абразива.

Также для снижения износа ступеней насоса существуют следующие рекомендации:

- использование безшпоночного дизайна подшипника, с уменьшением нагрузки на дистанционную втулку;

- использование конфигурации с длинной юбкой, которые не нуждаются в использовании упорных шайб;
- использование насосов компрессионного, так как уменьшается эффект износа за счет нижней нагрузки, что особенно значимо в присутствии абразивов, зажатых между колесом и диффузором.

Таким образом, для предотвращения негативного влияния абразивных частиц на детали УЭЦН, необходимо правильно подобрать материалы и конфигурации подшипников, покрытия ступеней насоса и наиболее подверженных эрозии деталей погружного оборудования с учетом физико-химических свойств флюида и гранулометрического состава абразивных частиц.

Стр. 50-57 удалены, так как содержат коммерческую тайну

### 3 КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К БОРЬБЕ С ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯМИ СКВАЖИН НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Большинство месторождений Западной Сибири переживают завершающие стадии разработки, в связи с чем проблема выноса песка является актуальной, а особенно на месторождениях с терригенным коллектором и слабосцементированными песчаниками. Наиболее эффективным способом решения данной проблемы является применение в компоновке УЭЦН фильтров типа ЖНШ. Но для достижения эффекта в перспективе разработки месторождения, а не для локализации одного случая, необходимо обратиться к комплексному подходу подбора оборудования для эксплуатации скважин в условиях активного выноса песка на нефтяных месторождениях Западной Сибири. Для этого применяется анализ выбора технологии.

Основными этапами при выборе технологий заканчивания скважин являются:

- Корректный отбор керна и представительный анализ на гранулометрию.
- Выбор типа технологии (оборудования) и его характеристик.
- Оценка продуктивности скважины.
- Оценка влияния технологии заканчивания на продуктивность и работу скважины.
- Оценка рисков.
- Расчёт экономической эффективности применения технологии.
- При этом необходимо отметить, что исследований размеров частиц песка явно мало для описания характеристик пород-коллекторов.

Представленная схема методов борьбы с пескопроявлениями, представленная на рисунке 26, является более подробным инструментом с учетом вариантов классификации методов борьбы с пескопроявлениями и может служить рекомендацией для подбора оптимальной технологии.

Для того, чтобы выбрать оптимальный фильтр для единичного случая, необходимо учесть критерии выбора типа оборудования для защиты УЭЦН от механических примесей:

1. Входной фильтр-модуль ЖНШ. Фильтр ЖНШ применяется для защиты УЭЦН отечественного производства:

а) Скважины после ГРП

б) Скважины с выносом КВЧ более 100 мг/л для УЭЦН обычного исполнения и более 500мг/л для УЭЦН износостойкого исполнения.

В зависимости от габарита УЭЦН и максимальной пропускной способности ЖНШ, применяются:

а) Для УЭЦН 5 габарита производительность до 220 м<sup>3</sup>/сут (в зависимости от длины ЖНШ от 4 до 6м).

б) Для УЭЦН 5А габарита производительность до 440 м<sup>3</sup>/сут (в зависимости от длины ЖНШ от 5 до 12м).

2. Шламоуловитель ШУМ применяется для защиты отечественных УЭЦН в скважинах с выносом КВЧ более 100 мг/л для УЭЦН обычного исполнения и более 500мг/л для УЭЦН износостойкого исполнения.

В зависимости от габарита УЭЦН и максимальной пропускной способности ШУМ, применяются:

а) Для УЭЦН 5 габарита производительность не более 125 м<sup>3</sup>/сут.

б) Для УЭЦН 5А габарита производительность не более 200 м<sup>3</sup>/сут.

3. Сепаратор механических примесей ПСМ5-114 применяется для защиты отечественных УЭЦН в скважинах с выносом КВЧ более 100 мг/л для УЭЦН обычного исполнения и более 500мг/л для УЭЦН износостойкого исполнения.

В зависимости от габарита УЭЦН и максимальной пропускной способности ПСМ, применяются:

а) Для УЭЦН 5 габарита производительность не более 80 м<sup>3</sup>/сут.



Стоит учесть факт влияния промыслово-геологические особенности, а также причины и последствия пескопроявления в нефтяных скважинах, для избегания повторных осложнений и устранения не только результата – пескопроявления, но и источника проблемы, проводя анализ и исследования пластов и действующего фонда скважин.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-2Б5В	Машагову Евгению Сергеевичу

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОНД</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки обслуживание объектов транспорта и

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

1. <i>Расчёт экономической эффективности методов борьбы с механическими примесями</i>	-Затраты на проведение работ -Затраты на ремонт -Прибыль от продажи нефти -Налог на прибыль -Прирост прибыли за счёт снижения количества ремонтов -Индекс доходности
---	---

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и крепление призабойной зоны скважины разными методами с точки зрения</i>	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет и риски</i>	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ
2. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности научного исследования

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	31.01.2020
---	------------

Задание выдал консультант:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		31.01.2020

Задание принял к исполнению студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-2Б5В	Машагов Евгений Сергеевич		29.02.2020

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

### **4.1 Расчёт экономической эффективности методов борьбы с механическими примесями**

На Ванкорском месторождении уже применяются такие методы борьбы, как установка забойных щелевых фильтров и контроль за выносом механических примесей во время вывода скважины на режим и в процессе эксплуатации. Поэтому для анализа выберем 2 неиспользуемых метода – крепление призабойной зоны пласта химическим и физико-химическим методом. В качестве химического метода возьмём закачку предполимерного уретана, т.к. у него наиболее высокие физические показатели эффективности, а в качестве физико-химического – закачку песчано-цементной смеси в пласт под давлением гидроразрыва.

Расчёт экономической эффективности производится исходя из стоимости проведения данных операций и увеличении дохода от добычи нефти за счёт увеличения межремонтного периода скважинного оборудования.

Работы производятся бригадой по капремонту, состоящей из трех человек – буровика 5-6 разряда, помощника буровика 4-го разряда, а также машиниста подъемного агрегата. Транспортировка рабочих жидкостей происходит с помощью спецтехники, закачка – специализированными насосными агрегатами.

Расчёты осуществляются для одного полного календарного года.

Для расчётов примем гипотетическую скважину со среднесуточным дебитом  $Q_c=10$  т/сут, межремонтным периодом 1 месяц, и коэффициентом эксплуатации  $K_э=0,9$ .

#### **Затраты на проведение работ**

Экономические затраты на проведение данных технологических операций называются себестоимостью. Эти операции включают в себя расходы на ЗП работникам, непосредственно участвующим в процессе проведения работ, расходы на доп. ЗП работникам, занятым частично, отчисления на социальные

нужды, расходы на материалы, цеховые и транспортные расходы. Расходы на основную заработную плату складываются из нескольких показателей: тарифной стоимости труда, премиальных начислений и районного коэффициента. Расчеты по основной ЗП работникам приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Расходы на основную ЗП

Расходы на ЗП	Ставка, Руб.	Трудоемкость, ч.	Оплата по тарифу, руб.	Премия, руб.	Районный коэф., руб.	Всего, руб.
Ст. оператор	32	88	2816	1408	844,8	5068,8
Машинист	28	88	2464	1232	739,2	4435,2
Мл. оператор	25	88	2200	1100	660	3960
<b>Сумма Зпл, руб.</b>	<b>13464</b>					

Расходы на дополнительную ЗП рабочим, занятым частично, рассчитываются по формуле:

$$З_{\text{доп}} = З_{\text{пл}} * 0,8 = 13464 * 0,8 = 10771,2 \text{ руб.} \quad (8)$$

Отчисления на социальные нужды находятся по формуле:

$$О = З_{\text{пл}} * 28\% / 100\% = 13464 * 28 / 100 = 4071,51 \text{ руб.} \quad (9)$$

Расходы на материалы при закачке уретанового предполимера в пласт выражаются следующей зависимостью:

$$P_{\text{м}} = m_{\text{п}} * Ц_{\text{п}}, \quad (10)$$

где  $m_{\text{м}}$  – масса необходимого количества расходного материала, кг;

$Ц_{\text{м}}$  – стоимость 1 м<sup>3</sup> данного материала.

Средняя стоимость уретанового предполимера – 230 р. за 1 кг. Для полного крепления необходимо приблизительно 250 кг материала, следовательно:

$$P_{\text{м}} = 250 * 230 = 57500 \text{ р.} \quad (11)$$

Аналогично расчёт осуществляется для закачки цементно-песчаной смеси. Для закачки необходимо около 80 кг сухого цемента и 160 кг песка. Стоимость 1 кг сухого цемента примерно 5 руб., песка 2 руб. за 1 кг. Значит расходы на цементно-песчаную смесь равны:

$$P_m = 80 * 4 + 160 * 2 = 640 \text{ р.} \quad (12)$$

Под цеховыми расходами  $P_{ц}$  принимают затраты на содержание зданий и сооружений, инвентаря и различным испытаниям, и работам.  $P_{ц} = 9600$  руб.

Транспортные расходы  $P_{тр}$  состоят из расходов на транспортировку смесей и промывочных жидкостей на скважину. Учитывают расстояние до скважины и стоимость одного километра. Т.к. до скважины порядка 1 км, то транспортные расходы будут складываться из стоимости одного километра на транспортировку рабочей жидкости и стоимости одного километра на транспортировку промывочной жидкости, которые составляют 364 руб. и 264 руб., соответственно. Таким образом:

$$P_{тр} = 364 + 264 = 628 \text{ руб.} \quad (13)$$

Общая стоимость проведения работ будет вычисляться по следующей формуле:

$$Z_{п} = Z_{пл} + Z_{доп} + O + P_m + P_{тр} + P_{ц} \quad (14)$$

Соответственно для уретанового предполимера:

$$Z_{п1} = 13464 + 1077,12 + 4071,51 + 57500 + 9600 + 628 = 86340,63 \text{ руб.} \quad (15)$$

Для цементно-песчаной смеси:

$$Z_{п2} = 13464 + 1077,12 + 4071,51 + 640 + 9600 + 628 = 29480,63 \text{ руб.} \quad (16)$$

### **Затраты на ремонт**

Затраты на ремонт до проведения работ рассчитаем соотношением:

$$Z_p = N_p * C_p = 12 * 35000 = 420000 \text{ руб.}, \quad (17)$$

где  $N_p$  – количество ремонтов в год, рем/год;

$C_p$  – цена одного ремонта, р/рем.

Закачка уретанового предполимера даёт увеличение межремонтного периода в 3 раза. Следовательно, количество ремонтов в год  $N_p$  снижается с 12 до 4.

Стоимость одного ремонта  $C_p$  приблизительно равна 35000 рублей. Значит затраты на ремонт можно рассчитать следующим соотношением:

$$Z_{p1} = N_p * C_p = 4 * 35000 = 140000 \text{ руб.} \quad (18)$$

Для цементно-песчаной смеси межремонтный период увеличивается в 2 раза, значит количество ремонтов в год равно 6. Затраты на ремонт будут равны:

$$З_{p2}=6*35000=210000\text{руб.} \quad (19)$$

### **Прибыль от продажи нефти**

Рассчитаем годовой дебит скважины  $Q_{г}$ :

$$Q_{г}=Q_{с}*360*K_{э}=10*360*0,9=3240 \text{ т/г} \quad (20)$$

Стоимость одной тонны нефти  $Ц$  равна 12000 рублей. Значит доход от продажи нефти за год  $Д$  составляет:

$$Д=Ц*Q_{г}*N_{пр}=12000*3240=38880000 \quad (21)$$

до проведения работ:

$$Д_0=Д-З_p=38880000-420000=3468000 \quad (22)$$

после закачки уретанового предполимера:

$$Д_1=Д-З_{p1}=38880000-140000=3748000 \quad (23)$$

после закачки цементно-песчаной смеси:

$$Д_2=Д-N_{пр}-З_{p2}=38880000-210000=3678000 \quad (24)$$

### **Налог на прибыль**

Налог на прибыль равен 20% и находится по формуле до проведения работ:

$$N_{пр0}=Д_0*20\%/100\%=832320 \text{ руб.} \quad (25)$$

Для уретанового предполимера:

$$N_{пр1}=Д_1*20\%/100\%=899520 \text{ руб.} \quad (26)$$

Для цементно-песчаной смеси:

$$N_{пр2}=Д_2*20\%/100\%=882720 \text{ руб.} \quad (27)$$

### **Прирост прибыли за счёт снижения количества ремонтов**

Для уретанового предполимера:

$$\Delta\Pi_1=(Д_1-N_{пр1})-(Д_0-N_{пр0})-З_{п1}= 137660 \text{ руб.} \quad (28)$$

Для цементно-песчаной смеси:

$$\Delta\Pi_2=(Д_2-N_{пр2})-(Д_0-N_{пр0})-З_{п2}= 138520 \text{ руб.} \quad (29)$$

### **Индекс доходности**

Индекс доходности ИД от реализации данных операций рассчитывается по формуле:

Для уретанового предполимера:

$$ИД_1 = \Delta\Pi_1 / Z_{п1} = 1,6 \text{ руб/руб} \quad (30)$$

Для цементно-песчаной смеси:

$$ИД_2 = \Delta\Pi_2 / Z_{п2} = 4,7 \text{ руб/руб} \quad (31)$$

На основании проведённых расчётов можно сделать вывод, что применение цементно-песчаной смеси для крепления призабойной зоны пласта более эффективно по сравнению с закачкой уретанового предполимера. Несмотря на то, что прирост прибыли за год, после проведения данных работ, практически не отличается, индекс доходности цементно-песчаной смесью значительно выше, т.к. затраты.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-2Б5В	Машагову Евгению Сергеевичу

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОНД</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело», профиль: «Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти»

Тема ВКР:

Подбор оборудования для эксплуатации скважин в условиях активного выноса песка на нефтяных месторождениях Западной Сибири	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является технические и технологические методы борьбы с пескопроявлением на нефтяных месторождениях с большим выносом песка.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <p>1.1 специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>1.2 организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».</p> <p>ГОСТ 12.01.003-83 «Шум. Общие требования безопасности».</p> <p>ГОСТ 24346-80 «Вибрация. Термины и определения».</p> <p>ПБ 08-624-03 «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности».</p> <p>ГОСТ 12.4.011-89 «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация».</p> <p>ГОСТ 12.2.003-91 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности».</p> <p>ГОСТ Р 52630-2012 «Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия».</p> <p>ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования».</p> <p>СП 5.13130.2009 «Свод правил. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования».</p> <p>ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».</p>

	<p>ГН 2.2.5.686-98 «Химические факторы производственной среды. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы».</p> <p>СанПиН 4630-88 «Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения».</p> <p>ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы».</p> <p>СНиП 11-01-95 «Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений».</p>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p><b>Вредные факторы</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Повышенная запыленность и загазованность воздушной среды.</li> <li>-Повышенный уровень шума и вибраций.</li> <li>-Недостаточная освещённость рабочей зоны.</li> <li>-Токсическое и раздражающее воздействие на организм человека химических веществ.</li> </ul> <p><b>Опасные факторы</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Движущиеся машины и механизмы.</li> <li>-Сосуды и аппараты под давлением.</li> <li>-Воздействие пожара.</li> <li>-Воздействие электрического тока.</li> </ul>
<p><b>3. Экологическая безопасность:</b></p>	<p><b>Анализ воздействия объекта на атмосферу</b> (выбросы загрязняющих веществ)</p> <p><b>Анализ воздействия объекта на гидросферу</b> (совмещение токсичных веществ с водами, при сбросе)</p> <p><b>Анализ воздействия объекта на литосферу</b> (разрушение слоев почвы при обустройстве и эксплуатации объекта)</p>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>	<p>Безопасность в случаях возникновения пожара и аварий на месторождении (кустовой площадке, буровой вышке).</p>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Сечин Андрей Александрович	к.т.н.		29.02.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б5В	Машагов Евгений Сергеевич		29.02.2020

## **5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

Место работы оператора находится на кустовой площадке нефтегазового промысла на открытом воздухе при любых погодных условиях и в любое время года. Из-за непрерывности нефтедобывающего производства они работают в ночные смены, в выходные и праздничные дни. Место их работы отличается достаточно высоким уровнем опасности, кроме того велика вероятность возникновения различных экстремальных ситуаций, которые создают угрозу здоровью работника. По этой причине мероприятия по оздоровлению и улучшению условий труда обязательны для проведения в производственном процессе. Необходимо создать наиболее благоприятные условия, необходимые для производительного труда и устранения причин профессиональных заболеваний и производственного травматизма, что возможно лишь при строгом следовании инструкциям по охране труда.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Во время выполнения технологических операций работник может быть подвержен опасным и вредным факторам, способным нанести существенный вред его здоровью. Во избежание последствий воздействия данных факторов на здоровье работника, его рабочая зона должна быть устроена максимально безопасно, и воздействие данных факторов должно либо отсутствовать полностью, либо должно быть сведено к минимуму, и оставаться в неких допустимых масштабах. Для этого опасные и вредные факторы должны быть своевременно выявлены и по мере возможности устранены. В таблице 8 приведены опасные и вредные факторы для рассматриваемых в работе методов повышения эффективности эксплуатации скважин в условиях, усложнённых механическими примесями.

Таблица 8 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по повышению эффективности эксплуатации скважин, осложнённых примесями.

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Полевые работы: 1) Работа с оборудованием, находящимся под давлением; 2) Отбор проб с добывающих скважин; 3) работа с машинами и механизмами; 4) закачка рабочих жидкостей в пласт. 5) снятие показаний приборов;	1) Повышенная запыленность и загазованность воздушной среды; 2) Превышение уровней шума и вибрации; 3) Низкая освещённость рабочей зоны 4) Токсическое и раздражающее воздействие на организм человека химических веществ. 5) Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися	1) Движущиеся машины и механизмы; 2) Сосуды и аппараты, находящиеся под давлением. 3) Пожаро-взрывобезопасность ; 4) Электробезопасность;	1) ГОСТ 12.1.005-88; 2) ГОСТ 12.01.003-83; 3) ГОСТ 12.4.011-89; 4) ГОСТ 12.2.062-81; 5) ВСН34-82; 6) ГОСТ 24346-80; 7) ГОСТ 12.1.004-91; 8) ГОСТ Р 52630-2012; 9) ГОСТ Р 12.1.019-2009. 10) ГОСТ 12.2.003-91;

Рабочие смены оператора делятся на две, по 12 часов каждая, так как необходим постоянный контроль за состоянием скважин. Не допускаются к работе женщины, подростки и лица, не имеющие соответствующих допусков. Перед началом работы сотрудник должен быть снабжён спецодеждой в количестве двух комплектов.

Работникам выплачиваются льготы и компенсации в случае получения ими физического ущерба, т.к. работы на нефтяных и газовых промыслах являются вредными и опасными для здоровья. Это могут быть увеличение оплаты труда, льготные пенсионные отчисления, дополнительный оплачиваемый отпуск, предоставляемый каждый год.

Оператор добычи ежедневно контактирует с нефтегазовым оборудованием, которое должно отвечать требованиям надёжности и безопасности. Конструкция оборудования должна содержать защитные средства, и обеспечивать удобное выполнение трудовых обязанностей оператора для того, чтобы обеспечить устранение или снижение опасных и вредных факторов до соответствующих значений. Рабочая область должна соответствовать требованиям, которые учитывают удобное выполнение работ в положении сидя или стоя или в обоих положениях.

Компоновка рабочей зоны должна быть спроектирована для удобного выполнения трудовых обязанностей оператора. Так как основная рабочая зона оператора - это кустовая площадка, то расположение объектов на ней должно соответствовать утверждённой принципиальной схеме, разработанной с учётом особенностей производственных условий и удобства работы с оборудованием, входящим в неё.

## **5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

### **Анализ выявленных вредных и опасных факторов**

#### **Повышенная запыленность и загазованность воздушной среды**

В процессе производственных операций по креплению призабойной зоны пласта для повышения эффективности эксплуатации скважин при пескопроявлении рабочие могут подвергаться воздействию вредных газов, выделяемых различными транспортными средствами, которые также поднимают в воздух большое количество пыли, негативно влияющей на организм работника. Кроме того, рабочие могут подвергаться воздействию вредных газов (попутный газ и испарения лёгких углеводородных соединений) источником которых являются нарушения герметичности фланцевых соединений, механической прочности фонтанной арматуры, вследствие коррозии или износа регулирующих и предохранительных клапанов, а также разгерметизация элементов фонтанной арматуры, необходимых для проведения технологических операций.

В запыленном и загазованном воздухе дыхание становится затруднительным, доступ кислорода уменьшается, возникает вероятность возникновения лёгочных заболеваний.

Содержание вредных веществ в воздухе регламентируется системой стандартов безопасности труда с помощью предельно допустимой концентрации (ПДК) отдельных веществ в воздухе. В таблице 9 приведены ПДК для различных видов пыли в воздухе.

Таблица 9 – ПДК веществ, наиболее часто встречающихся при использовании транспорта [24].

<b>Вещество</b>	<b>ПДК, мг/м<sup>3</sup></b>	<b>Класс опасности</b>
Пыль, содержащая более 70% SiO <sub>2</sub>	2	3
Пыль, содержащая от 10 до 70% SiO <sub>2</sub>	2	4
Пыль растительного и животного происхождения	4	4

Коллективные средства защиты - устройства, препятствующие появлению человека в опасной зоне. Индивидуальной защиты: очки, защитные маски, противогазы.

В случае превышения запыленности и загазованности рабочей зоны необходимо проводить мероприятия по предупреждению их воздействия на организм работника. К таким мероприятиям можно отнести герметизацию оборудования, контроль воздушной среды рабочей зоны, и средства индивидуальной защиты: фильтрующие противогазы, защитные маски, респираторы.

### **Повышенный уровень шума и вибраций**

При проведении технологических операций на нефтегазовых промыслах оператор подвержен воздействию повышенного уровня шума и вибраций, способных навредить органам слуха. Предельно допустимый уровень шума, согласно [25], на производственных объектах не должен превышать 80 дБ. Уровень вибраций в рабочей зоне также регламентирован, согласно [26].

Некоторые предельно допустимые величины нормируемых параметров производственной локальной вибрации при длительности вибрационного воздействия 480 мин (8 ч) приведены в таблице 10.

Для снижения воздействия повышенного уровня шума и вибраций на нефтегазовых промыслах необходимо рациональное планирование расположения технологических объектов, снижение уровня шума в его источнике, рациональное планирование режима труда и отдыха работников, обеспечение работников средствами индивидуальной защиты: звукоизолирующие наушники, беруши, виброгасящая обувь, перчатки.

Таблица 10 – Предельно допустимые значения производственной локальной вибрации.

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Предельно допустимые значения по осям X, Y, Z			
	виброускорения		виброскорости	
	м/с <sup>2</sup>	дБ	м/с <sup>2</sup>	дБ
8	1,4	123	2,8	115
16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,8	129	1,4	109
63	5,6	135	1,4	109
125	11	141	1,4	109

#### **Недостаточная освещённость рабочей зоны**

Проведение различных технологических операций на кустовых площадках, рабочем месте оператора, может занимать достаточно много времени, по этой причине работы могут проводиться в вечернее и в ночное время, когда уровень естественной освещённости очень низок. Согласно [27] рабочие места, объекты, проезды и подходы к ним, проходы и переходы в темное время суток должны быть освещены. Для освещения кустовых площадок используются прожекторы, подвешенные на определённой высоте, что необходимо для избегания их слепящего воздействия. Минимальная освещённость кустовых площадок должна быть не менее 13 лк [27].

#### **Токсическое и раздражающее воздействие на организм человека химических веществ**

При выполнении различных технологических операций на кустовых площадках, при работе со скважинами, работники подвержены воздействию токсических и раздражающих веществ. Это могут быть лёгкие, летучие фракции нефти, испарения нефти, попутный газ. Их источником могут быть нарушения герметичности фланцевых соединений, механической прочности фонтанной арматуры, вследствие коррозии или износа регулирующих и предохранительных клапанов, а также разгерметизация элементов фонтанной арматуры, необходимых для выполнения тех или иных технологических операций.

Очень опасной может быть комбинация углеводорода и сероводорода. Совместное их воздействие на организм проявляется значительно быстрее, чем изолированное и в первую очередь поражению поддаётся центральная нервная система. Углеводороды могут влиять на сердечно-сосудистую систему, эндокринный аппарат, нарушать функции печени, приводят к снижению в крови содержания гемоглобина и эритроцитов. Отравление парами нефти обычно сопровождается удушьем, головокружением, тошнотой, общей слабостью организма. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны регулируется согласно [24].

Значения ПДК для наиболее распространённых веществ на нефтегазовых промыслах представлены в таблице 11.

Таблица 11 – ПДК для вредных веществ в воздухе на рабочих местах [24]

<b>Вещество</b>	<b>ПДК, мг/м<sup>3</sup></b>	<b>Класс опасности</b>
Метанол	15	3
Углеводороды предельные C12-19	1	4
Диоксид серы	10	3
бензол	2	2
Сажа	4	3
Углерода оксид	5	4

Для снижения рисков заболеваний и отравлений работники нефтегазового промысла должны быть снабжены средствами индивидуальной защиты согласно [28]. Данные средства должны защищать органы дыхания,

зрения, руки, лицо, голову. Для этих целей выдаётся спецодежда, специальная обувь, перчатки, фильтрующие противогазы, респираторы, защитные очки и прочие средства защиты.

### **Анализ опасных производственных факторов**

#### **Движущиеся машины и механизмы**

При проведении работ по снижению пескопроявления скважины, проводят различные операции, например, крепление призабойной зоны пласта путём закачивания крупнозернистого песка или цементно-песчаной смеси в пласт при давлении гидроразрыва пласта. Для этого используется большое количество различных транспортных средств и агрегатов на базе автомобилей, вследствие чего возникает вероятность травматизма для работников со стороны движущихся машин и механизмов. Техника безопасности при проведении производственных работ, правильное расположение рабочих агрегатов относительно скважин и относительно друг друга регулируется согласно [29].

#### **Сосуды и аппараты под давлением**

На нефтяных и газовых промыслах работники имеют дело с сосудами и резервуарами, в которых давление достигает нескольких десятков мега Паскалей. Высокий уровень давления в технологическом оборудовании и трубопроводах могут привести к разрушению оборудования и как следствие, нанести травмы работникам, в том числе несовместимых с жизнью. Во избежание опасных для жизни ситуаций всё оборудование должно соответствовать требуемым нормам [30]. Для предотвращения возникновения инцидентов на производстве применяют средства измерения КИПиА и предохранительную арматуру. Работник, следящий за данным оборудованием обязан поддерживать уровень давления не выше предельно допустимого, которое может привести к отказу или выходу из строя регулирующих и предохранительных клапанов. При достижении давления максимально допустимого уровня необходимо принять срочные меры по его снижению.

Работники же должны знать технику безопасности при работе с оборудованием, находящимся под высоким давлением, для чего периодически проводятся инструктажи.

Недопустима подача в сосуды сжатого воздуха или газа с большим содержанием паров масла, которое при перегреве разлагается и, соединяясь с воздухом, может образовать взрывоопасную смесь. Также в случае обнаружения трещин, вспучивания стенок, пропускания газа или жидкости, отпотевания в сварных швах, неисправности или некомплектности крепежных деталей, крышек и люков, неисправности или отсутствия предохранительных клапанов, манометров, термометров, сигнальных устройств и т. д. эксплуатация сосудов не допускается во избежание разрушения корпуса, вырывания крышек и люков сосуда и тому подобных аварий. Для работы внутри емкости рабочий должен быть снабжен спецодеждой и защитными очками. Работу должны выполнять не менее двух человек, из которых один находится снаружи и наблюдает за состоянием работающего внутри.

### **Воздействие пожара**

Нефтегазовые промыслы особенно подвержены возникновению пожаров и опасных взрывов. Чтобы избежать опасных ситуаций территория нефтегазового комплекса должна быть всегда в чистоте и порядке, легковоспламеняющиеся предметы должны храниться в изоляции, бытовой мусор должен утилизироваться, не допускается хранение нефти и нефтепродуктов в открытом виде, в ямах и открытых резервуарах.

Для предупреждения пожаров все нефтегазопромысловые объекты должны быть оборудованы системами пожарной безопасности, современными автоматическими средствами сигнализации, автоматическими стационарными системами тушения пожаров, первичными средствами пожаротушения. Данные правила безопасности регламентируются согласно [31]. Тип, количество и размещение средств тушения пожаров определяют по нормам, приведенным в [32].

При небольших возгораниях первичные средства пожаротушения такие как пожарные стволы, действующие от внутреннего пожарного трубопровода, огнетушители, сухой песок, асбестовые одеяла и др. При крупных возгораниях применяют стационарные установки пожаротушения, в которых все элементы смонтированы и постоянно находятся в готовности к действию. Они могут быть автоматическими или дистанционными (приводятся в действие людьми). Не менее распространены спринклерные установки. Они представляют собой сеть водопроводных труб, расположенных под перекрытием. В трубах постоянно находится вода. В них через определенные расстояния вмонтированы оросительные головки - спринклеры.

### **Воздействие электрического тока**

Все нефтегазовые комплексы полностью электрифицированы, поэтому рабочие постоянно сталкиваются с приборами и оборудованием, находящимся под напряжением. Поэтому работник должен уметь пользоваться такими приборами, знать их основное устройство, принцип работы. Известно, что поражение человека электрическим током возможно лишь при замыкании электрической цепи через тело человека, т. е. при прикосновении человека к сети не менее чем в двух точках. При этом повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, может стать причиной летального исхода.

Для повышения безопасности при работе с электрооборудованием разработаны основные коллективные способы и средства электрозащиты, такие как изоляция токопроводящих частей (проводов) и ее непрерывный контроль; установка оградительных устройств; предупредительная сигнализация и блокировки; использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов; применение малых напряжений; защитное заземление; зануление; защитное отключение. При необходимости производится расчет защитного заземления, зануления, выбор устройств автоматического отключения.

Индивидуальные основные изолирующие электрозащитные средства способны длительно выдерживать рабочее напряжение электроустановок,

поэтому ими разрешается касаться токоведущих частей под напряжением. В установках до 1000 В – это диэлектрические перчатки, инструмент с изолированными рукоятками. Индивидуальные дополнительные электрозащитные средства обладают недостаточной электрической прочностью и не могут самостоятельно защитить человека от поражения током. Их назначение – усилить защитное действие основных изолирующих средств, с которыми они должны применяться. В установках до 1000 В – диэлектрические боты, диэлектрические резиновые коврики, изолирующие подставки. Основные требования к электробезопасности на предприятиях представлены в [33].

### **5.3 Экологическая безопасность**

#### **Анализ воздействия объекта на атмосферу**

Большая часть выбросов на нефтегазовых промыслах, порядка 70-75%, приходится на атмосферу. При добыче нефти от кустовых площадок выделяются загрязняющие вещества (ЗВ), которые складываются из выбросов через неплотности фланцевых соединений, запорно-регулирующей арматуры скважин и замерной установки (ЗУ), а также сальниковых уплотнений.

Выбросы ЗВ на технической площадке УПН складываются из выбросов от работы нефтяных и газовых сепараторов, насосов и запорной арматуры.

Одним из основных источников выбросов загрязняющих веществ являются факельное хозяйство, предназначенное для сжигания газа при работе оборудования. Также влияние на загрязнение атмосферы оказывают выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания автомобилей промысла, и различных технологических установок, буровые установки, газопроявление и выбросы попутного нефтяного газа, прорывы выкидных линий и прочие аварии, причинами которых обычно являются некачественное строительство; механические повреждения; коррозия трубопроводов; изменение проектных решений в процессе строительства.

При бурении скважин рекомендуется использовать замкнутую герметичную систему циркуляции бурового раствора, применять герметичные и закрытые емкости для хранения нефти и ГСМ, нейтрализовать и обезвреживать выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания, утилизировать попутный нефтяной газ, предупреждать газопроявления, предусмотреть автоматическое отключение нефтяных скважин при прорыве выкидной линии.

Для предотвращения неконтролируемых выбросов в атмосферу проводят полную герметизацию оборудования для сбора и транспортировки нефти и газа, осуществляют контроль швов сварных соединений трубопроводов, проводят защиту оборудования от коррозии, утилизируют попутный газ.

Чистота атмосферного воздуха обеспечивается путем сокращения абсолютных выбросов газов и обезвреживанием выбросов, содержащих вредные вещества при помощи фильтров и рассеиванием в высоких трубах. ПДК некоторых вредных веществ в воздухе рабочей зоны представлены в таблице 12.

Таблица 12 – ПДК вредных веществ в рабочей зоне [34]

<b>Наименование загрязняющих веществ</b>	<b>ПДК в воздухе, мг/м<sup>3</sup></b>	<b>Класс опасности</b>
Двуокись азота	0,085	2
Окись углерода	5	4
Углеводороды	5	4
Сажа	0,15	3
Метанол	1	3
Бензин	100	4
Серы диоксид	10	3

#### **Анализ воздействия объекта на гидросферу**

Порядка 20% [35] всех углеводородных выбросов на нефтегазовых промыслах приходится на гидросферу. Помимо углеводородов в различные водные источники так же попадают соединения серы, азота, кислорода, которые также негативно влияют на водные ресурсы.

Источников загрязнения водоёмов может быть очень много, это поступление токсичных веществ из шламовых амбаров в грунтовые воды, загрязнение грунтовых вод в результате отсутствия гидроизоляции технологических площадок, попадание загрязнений в грунтовые воды при аварийных разливах нефти, сточных вод и других отходов в результате порывов трубопроводов, поступление нефти и минерализованных вод в подземные воды в результате перетоков по затрубному пространству при некачественном цементировании скважины и ее негерметичности и многие другие.

Особое отрицательное воздействие на химический состав водоемов при эксплуатации объектов нефтедобычи оказывают разливы нефти и вод с высокой минерализацией. При попадании нефти в водоемы на поверхности воды образуется пленка, препятствующая воздушному обмену. Это может привести к гибели водоплавающих птиц, животных, обитающих под водой, загрязнению околородной среды. Кроме того, тонкий слой углеводородов будет испаряться, что приведёт к его попаданию в атмосферу. Со временем часть углеводородов перемешивается с водой, сосредотачиваясь в водных горизонтах. Содержание такой растворённой нефти не должно быть выше 10 мг/л. Для оценки загрязнения воды, поглощающей кислород, введён коэффициент биохимической потребности в кислороде (БПК), который не должен превышать 3 мг/л согласно [35].

Для предотвращения выбросов нефти и нефтепродуктов в водоёмы необходимо проведение целого ряда различных мероприятий. В первую очередь запрещается сброс сточных вод в водные объекты. Необходимо вынесение объектов из экологически уязвимых зон. Система сбора и транспорта продукции скважин должна быть надёжно герметизирована. Переходы трубопроводов через водные преграды должны осуществляться подземно. Отсыпка кустовых площадок осуществляется с учетом поверхностной системы стока. Сбор разлившихся нефтепродуктов необходимо проводить в аварийную емкость с последующей перекачкой на УПН. Необходимо осуществлять биологическую очистку хозяйственно-бытовых

стоков, при ремонтах скважин сбор нефтяной эмульсии осуществлять в коллектор.

### **Анализ воздействия объекта на литосферу**

Около 5% [34] всех загрязнений от нефтегазовых промыслов приходится на почву. Бурение скважин, обустройство нефтегазовых месторождений, сооружение подземных хранилищ приводит к изменениям почвенной среды и ландшафта.

При освоении и прокладки новых дорог, соединяющих технологические комплексы месторождений, обустройство новых трубопроводов и другие организационные работы оказывают влияние на поверхностный слой почвы, заставляя его разрушаться под колесами и гусеницами автотранспорта, под весом колон труб и высоких буровых мачт, а также другой строительной техники и оборудования.

Во время проведения технологических операций с химическими агентами, велика вероятность попадания оных не только в продуктивные пропластки, но и за его пределы, путём перетоков, или неплотной кровли пропластка, что, в свою очередь приводит к изменению физико-химических свойств почвы, и оказывает на неё негативное воздействие.

Для почв предусмотрены предельно-допустимые значения концентраций вредных химических соединений, основные из которых представлены в таблице 13.

Планирование экологической защиты литосферы начинается на стадии проектирования строительства нефтегазового комплекса согласно [37]. Если всё же загрязнение почвы неизбежно, то необходима её последующая рекультивация, согласно [38].

Таблица 13 – ПДК вредных химических веществ в почве [36]

<b>Вещество</b>	<b>ПДК, мг/кг</b>	<b>Показатель вредности</b>
Бензин	0,1	Воздушно-миграционный

Диметилбензолы	0,3	Транслокационный
Сероводород	0,4	Воздушно-миграционный
Серная кислота	160	Общесанитарный
Этенилбензол	0,1	Воздушно-миграционный

#### 5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В основе аварий могут лежать как технические причины, так и человеческий фактор, а также могут быть следствием экологических и стихийных факторов. На нефтегазовых промыслах из всех чрезвычайных ситуаций наиболее вероятны и опасны пожары и взрывы. Причиной возникновения пожара может открытый огонь, искра, трение, удары, перегревы деталей механизмов, неисправностей в электроснабжении.

Чтобы не допустить пожароопасной ситуации все объекты на промысле должны быть правильно расположены относительно друг друга: от устья скважины до общественных зданий расстояние должно быть не менее 500 м, до насосных станций и резервуаров от 40 м, до газокompрессорной станции – 60 м. Всё электрооборудование на промысле должно проходить своевременную проверку, работать с ним должны только специально обученные люди и персонал, прошедший инструктаж. Все установки на промысле должны быть снабжены системами противопожарной сигнализации и противопожарной автоматикой [39].

В случае возникновения открытого огня необходимо его ликвидировать средствами первичного пожаротушения: огнетушителями, струёй воды, изоляцией огня от кислорода и т.д. Если тушение открытого огня не представляется возможным, в связи с его площадью и интенсивностью, необходима срочная эвакуация рабочего персонала по заранее разработанному плану действий согласно [40], который включает в себя стратегию эвакуации рабочих и пункт сбора, систему оповещений и радио- и телефонной связи, укрытие рабочего персонала в специальные помещения, предназначенные для защиты в случае таких ситуаций, использование СИЗ в случае необходимости,

оказание медицинской помощи пострадавшим, организация аварийно-спасательных работ в зонах ЧС.

Чтобы снизить вероятность возникновения ЧС необходим комплекс по предупреждению подобных ситуаций. К нему можно отнести - повышение надежности технологического оборудования, совершенствование рабочих процессов, своевременное обновление используемых материалов, агрегатов и установок, применение высококачественного сырья и материалов, участие в работах высококвалифицированного персонала.

### **Меры по предупреждению чрезвычайных ситуаций и уменьшению масштабов их воздействий**

Предупреждение большинства опасных природных явлений связано с большими трудностями из-за несопоставимости их мощи с возможностями людей (землетрясения, ураганы, смерчи и др.). Тем не менее, существует целый ряд опасных природных явлений и процессов, негативному развитию которых может воспрепятствовать целенаправленная деятельность людей. К ним относятся мероприятия по предупреждению градобитий, предупредительному спуску лавин, заблаговременному срабатыванию селевых озер и озер, образовавшихся в результате завалов русел горных рек, а также другие случаи [89].

К мерам по предотвращению ЧС биолого-социального характера могут быть отнесены локализация и подавление природных очагов инфекций, вакцинация населения и сельскохозяйственных животных и др.

Одним из направлений уменьшения масштабов ЧС является строительство и использование защитных сооружений различного назначения. К ним, например, относятся гидротехнические защитные сооружения, предохраняющие водоемы и водотоки от распространения радиационного и химического загрязнения, а также сооружения, защищающие сушу и гидросферу от других поверхностных загрязнений. Гидротехнические сооружения (плотины, шлюзы, насыпи, дамбы) используются также для защиты от наводнений. К этим мерам относятся и берегоукрепительные работы.

Для уменьшения ущерба от оползней, селей, обвалов, осыпей, лавин применяются защитные инженерные сооружения на коммуникациях и в населенных пунктах в горной местности.

Другим направлением уменьшения масштабов ЧС являются мероприятия по повышению физической стойкости объектов к воздействию поражающих факторов при авариях, природных и техногенных катастрофах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе был проведён анализ известных представлений по проблеме пескопроявления в процессе эксплуатации скважин, а также технологических и технических решений для борьбы с пескопроявлением. Рекомендована схема методов борьбы с пескопроявлениями, для рационального и целенаправленного подбора защитного оборудования от выноса песка. Приведены необходимые критерии выбора типа оборудования для защиты УЭЦН. В процессе исследования причин и последствий пескопроявления была выявлена важность комплексного подхода к подбору методов защиты от пескопроявления, с помощью чего возможно получить результат, позволяющий улучшить работы не только единичной скважины, а создать алгоритм для конкретного месторождения или кластера.

Опыт нынешних дней подтверждает эффективность фильтров УЭЦН ЖНШ в совместном использовании потайной колонны хвостовика с проволочными щелевыми скважинными фильтрами. Это позволяет предотвратить вынос песка. А при использовании технологий крепления призабойной зоны пласта можно предотвратить осыпание и разрыхление породы.

Представлена экономическая эффективность исходя из стоимости проведения данных операций и увеличении дохода от добычи нефти за счёт увеличения межремонтного периода скважинного оборудования.

Рассмотрены требования промышленной безопасности и оценены опасные и вредные факторы, для сохранения защиты работника и экологии при проведении работ на месторождении.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Антониади Д.Г., Савенок О.В., Бондаренко В.А. Анализ известных представлений по проблеме пескопроявления. Ежемесячный научно-технический и производственный журнал «Газовая промышленность». Спецвыпуск журнала «Газовая промышленность»: Эксплуатация месторождений углеводородов на поздней стадии разработки. — М.: Издательство ООО «Газоил пресс», 2014. — № 708/2014. — С. 61–65.
2. Аксенова А.Н. Исследование и разработка техники, технологии заканчивания скважин с неустойчивыми коллекторами. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. — Тюмень, 2004.
3. Рекомендованные методики по выбору способа заканчивания скважин в условиях пескопроявления. Корпоративный научно-технический центр ОАО «НК «Роснефть». Управление новых технологий, 2011 г.
4. Камалетдинов Р.С. Обзор существующих методов борьбы с мехпримесями/ Р.С. Камалетдинов, А.Б. Лазарев// Инженерная практика. — 2010, №2. — С.6–13.
5. Наговицын Э.А. Оборудование для снижения влияния механических примесей при добыче нефти механизированным способом/ Э.А. Наговицын// Инженерная практика. — №2, 2010. — С.90–96.
6. Пирвердян А.М. Защита скважинного насоса от газа и песка / А.М. Пирвердян. — .: Недра, 1986.
7. Репин Н.Н. Эксплуатация глубинонасосных скважин/ Н.Н. Репин. — .: Недра, 1971.
8. Шакиров Э.И. Опыт применения технологий добычи и ограничения пескопроявления на пластах пачки ПК месторождений Барсуковского направления/ Э.И. Шакиров // Инженерная практика. — 2010, №2. — С.58–65.

9. Ивановский В.Н. Системы защиты скважинного оборудования от механических примесей/ В.Н. Ивановский, А.А. Сабилов, А.В. Булат // территория нефтегаз. — 2010, №9 . — С.62–67
10. Гарифуллин А.Р. Опыт борьбы с мехпримесями в ООО «РН-Юганскнефтегаз» / А.Р. Гарифуллин // Инженерная практика. — 2010, №2 . — С.20–25.
11. Патент 2395474 Российская Федерация, кл. 04 41/83. Проппант с полимерным покрытием/ Прибытков Евгений Анатольевич, Пейчев Виктор Георгиевич.: заявл. 26.12.2008, опубл. 27.07.2010.
12. Гаврилко В.М. Фильтры буровых скважин/ В.М. Гаврилко, В.С. Алексеев. —.: Недра, 1985.
13. Семёнов А.А. Системный подход к заканчиванию горизонтальных скважин Ванкорского месторождения/ А.А. Семёнов, С.В. Зимин // Научнотехнический вестник Роснефти. — 2009, № 2.
14. Бочкарев В.К. Разработка и исследование технологий ограничения и ликвидации водопескопроявлений в нефтяных скважинах: дисс. ... канд.техн. наук: 61 09-5/1775; опубл.25.00.17. — Тюмень, 2009. — 173 с.
15. Адонин А.Н. Работа насосной установки на больших глубинах/ А.Н. Адонин, И.Г. Белов// Труды АЗНИИ ДН, вып. 1. — Азнефтеиздат, 1954.
16. Власов В.М. Работоспособность упрочненных трущихся поверхностей/ В.М. Власов. —.: Машиностроение, 1987. — С.57–59.
17. Лозовский В.Н. Надежность гидравлических агрегатов / В.Н. Лозовский. —.: Машиностроение, 1974. — С.320.
18. Марцинковский В.А. Гидродинамика и прочность центробежных насосов/ В.А. Марцинковский. —.: Машиностроение, 1970. — С.272.
19. Петренко А.О. Проект «МРП-700» / А.О. Петренко // Инженерная практика. — 2010, № 2. — С.84–87.
20. Справочное руководство по проектированию разработки и эксплуатации нефтяных месторождений. Добыча нефти/ Р.С. Андриасов, И.Т.

Мищенко, А.И. Петров и др.; под общ. ред. Ш.К. Гиматудинова; ООО ТИД «Альянс». — 2005.

21. Кудинов В.И. Основы нефтегазового дела/ В.И. Кудинов. — М., 2005.

22. Бузинов С.Н. Гидродинамические методы исследования скважин и пластов/ С.Н. Бузинов, И.Д. Умрихин. — .: Недра, 1973.

23. Бондаренко В.А. Савенок О.В. Исследование методов и технологий управления осложнениями, обусловленных пескопроявлениями // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Отдельная статья (специальный выпуск). - М.: Издательство «Горная книга», 2014. - № 5. - 28 с.

24. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

25. ГОСТ 12.01.003-83 «Шум. Общие требования безопасности».

26. ГОСТ 24346-80 «Вибрация. Термины и определения».

27. ПБ 08-624-03 «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности».

28. ГОСТ 12.4.011-89 «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация».

29. ГОСТ 12.2.003-91 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности».

30. ГОСТ Р 52630-2012 «Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия».

31. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования».

32. СП 5.13130.2009 «Свод правил. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования».

33. ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

34. ГН 2.2.5.686-98 «Химические факторы производственной среды. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы».
35. СанПиН 4630-88 «Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения».
36. ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы».
37. СНиП 11-01-95 «Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений».
38. ГОСТ 17.5.3.04-83 «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель».
39. НПБ 88-2001 «Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования».
40. ГОСТ Р 22.3.03-94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Защита населения. Основные положения».
41. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности». Серия 08. Выпуск 19. — М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2013. — 288 с.