

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности
(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность
(код и наименование направления подготовки / специальности)

Управление промышленной безопасностью, охраной труда и окружающей среды в
нефтегазовом и химическом комплексах
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Экологическая безопасность при эксплуатации объектов нефтяной отрасли

Обучающийся

М. Д. Кода

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., доцент, А. Н. Москалюк

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

к.э.н., доцент, Т. Ю. Фрезе

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Содержание

Введение.....	3
Термины и определения	7
Перечень сокращений и обозначений.....	9
1 Анализ эксплуатации объектов нефтяной отрасли в организациях нефтяной отрасли.....	10
1.1 Анализ инцидентов по экологической безопасности.....	10
1.2 Анализ результатов производственного контроля объектов по показателям экологической безопасности. Перечень выявленных проблем, рисков для безопасной эксплуатации объектов.....	13
2 Методы и средства повышения экологической безопасности при эксплуатации.....	23
2.1 Анализ методов и средств повышения экологической безопасности при эксплуатации.....	23
2.2 Описание и возможность внедрения методов и средств повышения экологической безопасности при эксплуатации объекта нефтяной отрасли	39
3 Опытно-экспериментальная апробация предлагаемых решений по повышению экологической безопасности.....	65
3.1 Технология (программа) внедрения методов и средств повышения экологической безопасности при эксплуатации объекта. Результаты внедрения методов и средств повышения экологической безопасности при эксплуатации объекта	65
3.2 Анализ и оценка эффективности внедрения предлагаемых методов и средств повышения экологической безопасности при эксплуатации объекта	68
Заключение	88
Список используемой литературы и используемых источников.....	91

Введение

Актуальность и научная значимость настоящего исследования заключаются в обеспечении экологической безопасности, так как объекты промышленности оказывают значительную антропогенную нагрузку и находятся на втором месте по годовым выбросам в атмосферу, гидросферу и литосферу.

Объект исследования: объекты нефтяной отрасли.

Предмет исследования: обеспечение экологической безопасности.

Цель исследования: повышение экологической безопасности на объектах нефтехимической промышленности за счет внедрения современных методов обеспечения экологической безопасности.

Гипотеза исследования состоит в том, что повышение экологической безопасности будет обеспечено, если:

- будет проанализирована антропогенная нагрузка по объектам нефтяной отрасли;
- рассмотрены существующие решения по обеспечению экологической безопасности, основываясь на результатах проведенного анализа антропогенной нагрузки;
- выбраны и внедрены методы защиты по наиболее уязвимым системам, оказывающим наибольшее влияние на антропогенную нагрузку.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. проанализировать статистику из открытых источников, а именно статистику по антропогенной нагрузке, представленную на сайтах Росстата и Росприроднадзора;
2. провести аналитический обзор современных технических решений и методов в области экологической безопасности по разным направлениям;

3. отразить технико-экономическое обоснование выбранных методов обеспечения экологической безопасности;
4. определить наиболее эффективный метод обеспечения экологической безопасности.

Теоретико-методологическую основу исследования составили: статья «Обеспечение экологической и промышленной безопасности на резервуарных парках нефтеперерабатывающих предприятий», 2021 год, авторы: Елизарьев А.Н., Аксенов С.Г., Сарваров Т.М., Михайлов С.А., Синагатуллин Ф.К.

Методы исследования: методы моделирования и прогнозирования (методы системного анализа, системной динамики, информатики и др.) и методы управления качеством окружающей среды.

Опытно-экспериментальная база исследования составляет использование информации из таких источников, как официальные сайты Росстата, Росприроднадзора, Ростехнадзора, а также информации, представленной в научных статьях системы eLibrary.

Научная новизна исследования заключается в:

- получении новых знаний о предмете исследования;
- открытии новых аспектов воздействия объекта исследования на окружающую среду;
- открытие новых методов обеспечения экологической безопасности, применимо к объекту исследования.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что полученные знания могут быть использованы для изучения вопросов обеспечения экологической безопасности на объектах нефтяной отрасли.

Базовыми для настоящего исследования явились также: нормативно-правовые акты Российской Федерации в области обеспечения охраны окружающей среды.

Практическая значимость исследования заключается в последующей возможности использования результатов исследования в практической деятельности объектов нефтяной отрасли.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивались:

- применении методов моделирования и прогнозирования;
- промежуточной оценке антропогенной нагрузки за 3-5 лет, предшествующих исследованию;
- оценка полученных сведений.

Личное участие автора состоит в определении цели работы, постановке и решении задач, выборе объекта и предмета исследования, а также в поиске, сборе, обработке необходимой информации, которая сформировала базу исследования.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Его результаты докладывались на следующих конференциях:

- III Международный научно-исследовательский конкурс Лучшая исследовательская работа 2022;
- XXIII Международный научно-исследовательский конкурса;
- IV Международный научно-исследовательский конкурс.

На защиту выносятся следующие положения:

- анализ аварий и инцидентов;
- анализ антропогенной нагрузки;
- технические решения, направленные на повышение экологической безопасности;
- расчет эффективности, предложенных технических решений.

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, содержит 8 рисунков, 26 таблиц, список использованной литературы (32 источника). Основной текст работы изложен на 80 страницах.

Термины и определения

«Коррозия – самопроизвольное разрушение металлов и сплавов в результате химического, электрохимического или физико-химического взаимодействия с окружающей средой» [15].

«Производственный контроль – это контроль за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий для обеспечения безопасности и безвредности для человека и среды обитания со стороны объектов производственного контроля» [10].

«Экспертиза промышленной безопасности — оценка соответствия объекта экспертизы предъявляемым к нему требованиям промышленной безопасности, с целью обеспечения защищенности опасных производственных объектов» [12].

«Экологический мониторинг – комплексные наблюдения за состоянием окружающей среды, в том числе компонентов природной среды, естественных экологических систем, за происходящими в них процессами, явлениями, оценка и прогноз изменений состояния окружающей среды» [15].

«Антропогенная нагрузка – степень воздействия человека, его деятельности на природу» [4].

«Парниковый эффект – повышение температуры нижних слоёв атмосферы планеты по сравнению с эффективной температурой, то есть температурой теплового излучения планеты, наблюдаемого из космоса» [15].

«Экологический риск – вероятность возникновения отрицательных изменений в окружающей среде или отдалённых неблагоприятных последствий этих изменений, возникающих вследствие негативного воздействия на окружающую среду» [19].

«Экологическая политика – это определенная организацией совокупность намерений и принципов относительно экологических

показателей её деятельности, которая создает основу для разработки конкретных целей и задач» [4].

«Безотходная технология – технология, подразумевающая наиболее рациональное использование природных ресурсов и энергии в производстве, обеспечивающее защиту окружающей среды» [15].

«Тепловая энергия – форма энергии, связанная с движением атомов, молекул или других частиц, из которых состоит тело» [15].

«Электрическая энергия – способность электромагнитного поля совершать работу под действием приложенного напряжения в технологическом процессе её производства, передачи, распределения и потребления» [15].

«Механическая энергия – это способность тела или системы взаимодействующих тел совершить механическую работу» [15].

«Аудит промышленной безопасности – проведение обследования предприятия на соответствие требованиям промышленной безопасности (предварительно перед проверкой Ростехнадзора или же на постоянной основе в течении года)» [15].

Перечень сокращений и обозначений

ОПО – опасный производственный объект

ПАО – публичное акционерное общество

ООО – общество с ограниченной ответственностью

НК – нефтяная компания

РН – Роснефть

ТЭС – теплоэлектростанция

ОАО – открытое акционерное общество

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод

ЛКМ – лакокрасочные материалы

SO₂ – оксид серы

CO – угарный газ

CO₂ – углекислый газ

O₃ – озон

NO – оксид азота

N₂O – оксид диазота, закись азота

°C – градус Цельсия

1 Анализ эксплуатации объектов нефтяной отрасли в организациях нефтяной отрасли

1.1 Анализ инцидентов по экологической безопасности

На основании информации, полученной из открытых данных официального сайта Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору [23], удалось выяснить, что за последние 5 лет произошло 257 аварий на объектах нефтегазовой отрасли.

В таблице 1 представлена статистика количества аварийных ситуаций по годам.

Таблица 1 – Аварии на объектах нефтегазовой отрасли

Виды аварий	Год				
	2017	2018	2019	2020	2021
Возгорания	24	11	18	13	11
Разрушения сооружений	18	14	3	9	6
Повреждения технических устройств	28	14	21	16	10
Взрывы	13	6	12	5	5
Итого:	83	45	54	43	32

На официальном сайте Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору можно найти подробный разбор каждой аварийной ситуации. Причины аварийных ситуаций по каждой аварии делятся на две группы:

- организационные,
- технические.

Рассмотрим организационные и технические причины аварий, отличающихся выбросами опасных веществ. Стоит отметить, что таких аварий за последние пять лет было 71.

Технические причины:

- разрушение или неисправность оборудования, вследствие коррозионного износа;
- разрушения в результате внешнего механического воздействия;
- аварии в результате нарушений при проведении ремонтных работ;
- потеря герметичности оборудования;
- неисправности в оборудовании.

Организационные причины:

- отсутствие должного производственного контроля;
- ведение работ без необходимых соглашений и уведомлений организации;
- нарушения порядка проведения ремонтных работ;
- нарушение порядка проведения огневых работ;
- недостаточная квалификация персонала;
- несоблюдение правил промышленной безопасности.

По каждой аварийной ситуации был проведён ряд мероприятий.

Перечень мероприятий, проводимый после наступления аварийных ситуаций, на объектах нефтехимической отрасли:

- провести восстановительный ремонт;
- провести техническое обучение персонала;
- провести научную конференцию;
- провести мониторинг;
- провести экспертизу промышленной безопасности;
- составить проектное решение по усилению, либо изменению конструкции ограждений;
- провести проверку допуска к работе на опасном производственном объекте лиц, удовлетворяющих соответствующим квалификационным требованиям;
- провести внеплановые инструктажи;

- провести внеочередную аттестацию руководителей;
- провести внеплановые противоаварийные тренировки;
- переработать локальные нормативные акты;
- усилить контроль над диагностированием трубопроводов, находящихся в эксплуатации;
- внести изменения в технологический процесс;
- автоматизировать ряд технологических процессов;
- ввести в эксплуатацию модернизированное оборудование;
- укомплектовать штат работников ОПО согласно нормативной технической документации;
- подобрать альтернативные меры по обнаружению отказов;
- провести механическую и биологическую рекультивацию места аварии;
- произвести вывод из эксплуатации поврежденного технологического оборудования;
- провести обследование микробиологической зараженности добываемых сред с целью установления источников сульфатовосстанавливающих бактерий в попутно добываемой воде, перекачиваемой по нефтесборному трубопроводу;
- установить пожарную автоматику.

В таблицах 2 и 3 представлены статистики по площади нарушенных и отработанных земель в результате деятельности нефтехимических предприятий, предоставленные Федеральной службой государственной статистики [20].

Таблицы 2 – Площадь нарушенных земель, в гектарах [22]

Год	Площадь нарушенных земель	Площадь обработанных земель
2018	131	188
2019	3120	2892
2020	113	52

Таблицы 3 – Площадь обработанных земель, в гектарах [22]

Год	Сельскохозяйственные земли	Лесные массивы	Водные объекты
2018	32,6	145	7,4
2019	1204	136	1995
2020	33	30	15

Как видно из таблицы 2-3, площади нарушенных и обработанных земель показывают нестабильную динамику.

1.2 Анализ результатов производственного контроля объектов по показателям экологической безопасности. Перечень выявленных проблем, рисков для безопасной эксплуатации объектов

Рассмотрит показатели антропогенного воздействия на атмосферу, гидросферу и литосферу. Данные показатели присутствуют в открытом доступе на сайте Федеральной службы государственной статистики [20].

На рисунке 1 представлена статистика по выбросам в атмосферу от стационарных источников.

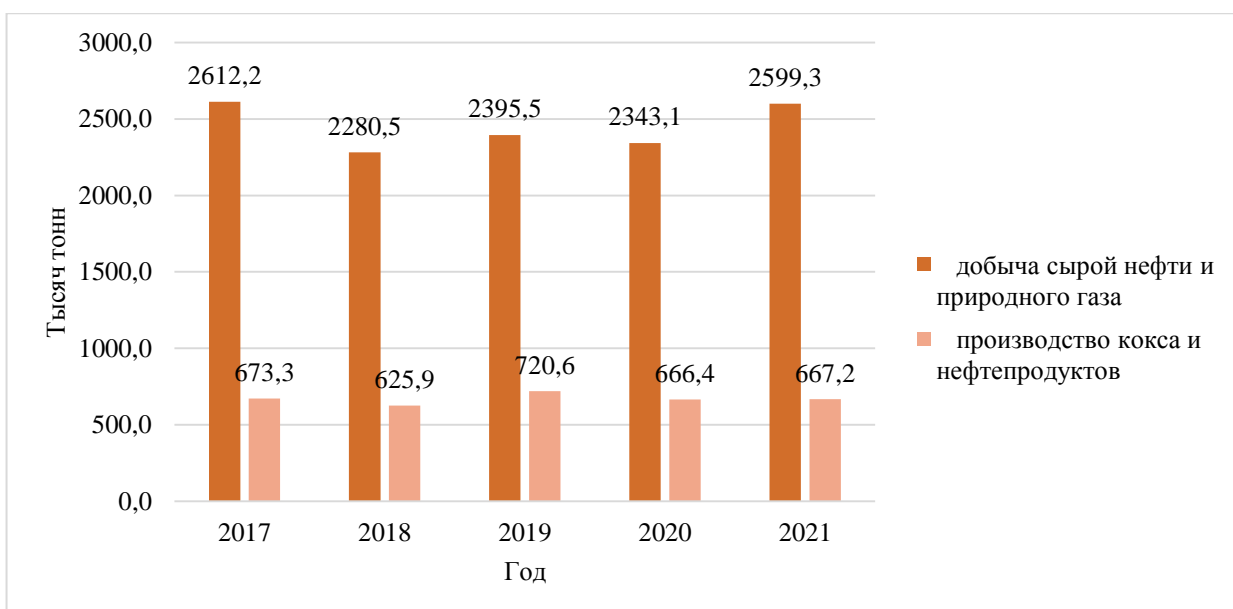


Рисунок 1 – Выбросы загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников

На рисунке 2 представлена статистика по сбросу загрязненных сточных вод.

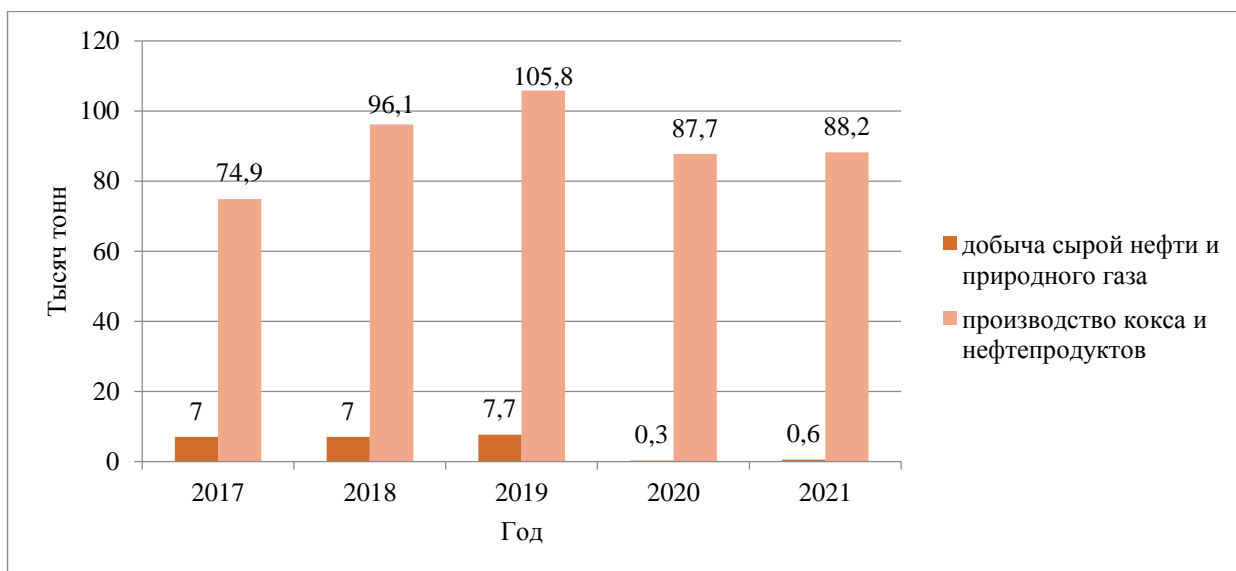


Рисунок 2 – Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты

На рисунке 3 представлена статистика по образованию отходов.

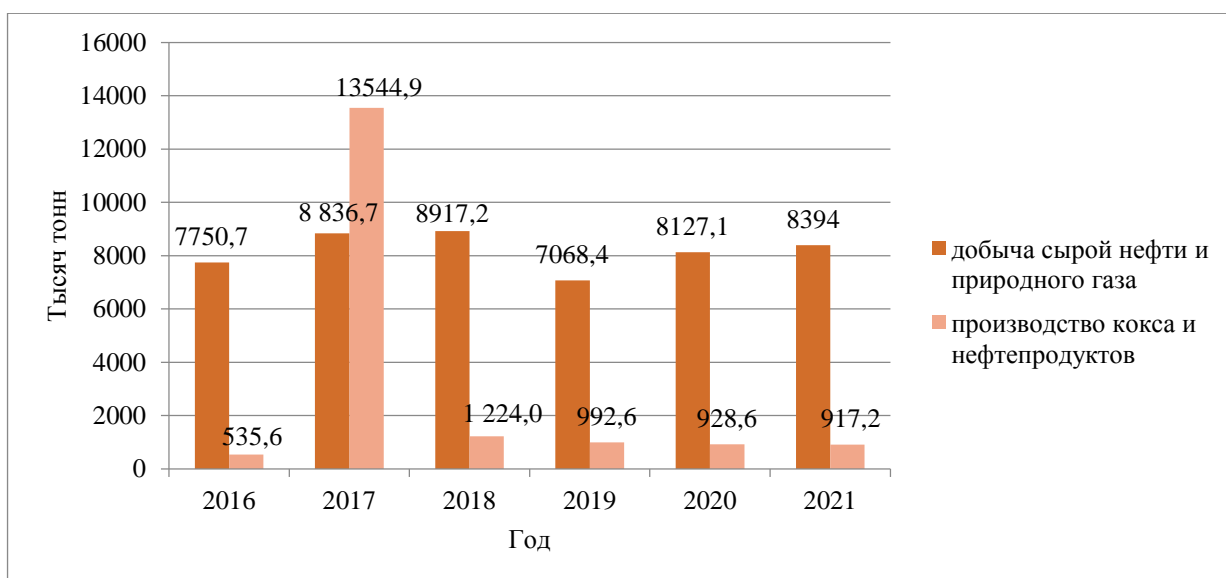


Рисунок 3 – Образование отходов производства и потребления

Из рисунков 1, 2 и 3 видно, что основным источником сброса сточных вод являются технологические объекты, эксплуатируемые при производстве кокса и нефтепродуктов, в то время как технологические объекты по добыче нефти и природного газа оказывают значительное негативное влияние на загрязнение атмосферы и образование отходов. Однако стоит обратить внимание на то, что в 2017 году произошёл значительный скачок по отходам производства кокса и нефтепродуктов.

Рассмотрим объем выбросов в атмосферу, а также объем отходов, которые удалось обезвредить. Статистика представлена в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 – Улавливание и обезвреживание загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников (тысяч тонн)

Год	Добыча нефти	Производство нефтепродуктов
2018	88,0	221,7
2019	2,4	554,4
2020	0,5	379

Таблица 5 – Утилизация и обезвреживание отходов производства и потребления (тысяч тонн)

Год	Добыча нефти и природного газа	Производство кокса и нефтепродуктов
2016	2 075,1	180,5
2017	1 998,3	405,6
2018	2 182,9	480,1
2019	1 331,5	325,6
2020	2 491,1	321,2
2021	3 412,4	295,8

Сравнение объёмов выбросов в атмосферу с объёмами выбросов, которые удалось обезвредить, показывает, что современные технологии позволяют уловить и обезвредить ничтожно малое количество опасных веществ. Фактически сохраняется риск высокой антропогенной нагрузки на атмосферу.

Сравнение показателей по отходам показывает более благоприятную статистику, однако количество образованных отходов всё равно превышает количество обезвреженных отходов в 4 раза при добыче нефти и природного газа.

При более детальном рассмотрении выбросов в атмосферу можно выявить ряд наиболее распространённых веществ, загрязняющих атмосферу. В их число входят:

- диоксид серы;
- оксиды азота;
- оксид углерода;
- летучие органические соединения;
- аммиак.

Выбросы вышеуказанных веществ составляют в среднем 76% от общего числа выбросов загрязняющих веществ по Российской Федерации.

В таблице 6 представлены конкретные цифры по выбросам вышеуказанных веществ за период 2017-2021 гг.

Таблиц 6 – Выбросы наиболее распространенных загрязняющих атмосферу веществ (тысяч тонн)

Год	Загрязняющие вещества				
	Диоксид серы	Оксиды азота	Оксид углерода	Летучие органические соединения	Аммиак
2017	3 794	3 535	16 169	2 742	101
2018	3 703	3 518	16 596	2 891	97
2019	3 714	2 877	8 607	1 715	117
2020	3 632	2 864	8 481	1 688	120
2021	3 263	2 967	8 821	1 721	120

На основании таблицы 6 можно заметить, что основная часть выбросов по Российской Федерации приходится на оксиды углерода.

Также рассмотрим объемы сбросов сточных вод и вещества, составляющие основные объемы.

На рисунке 4 представлены объемы сброса сточных вод по Российской Федерации за период 2017-2021 гг.

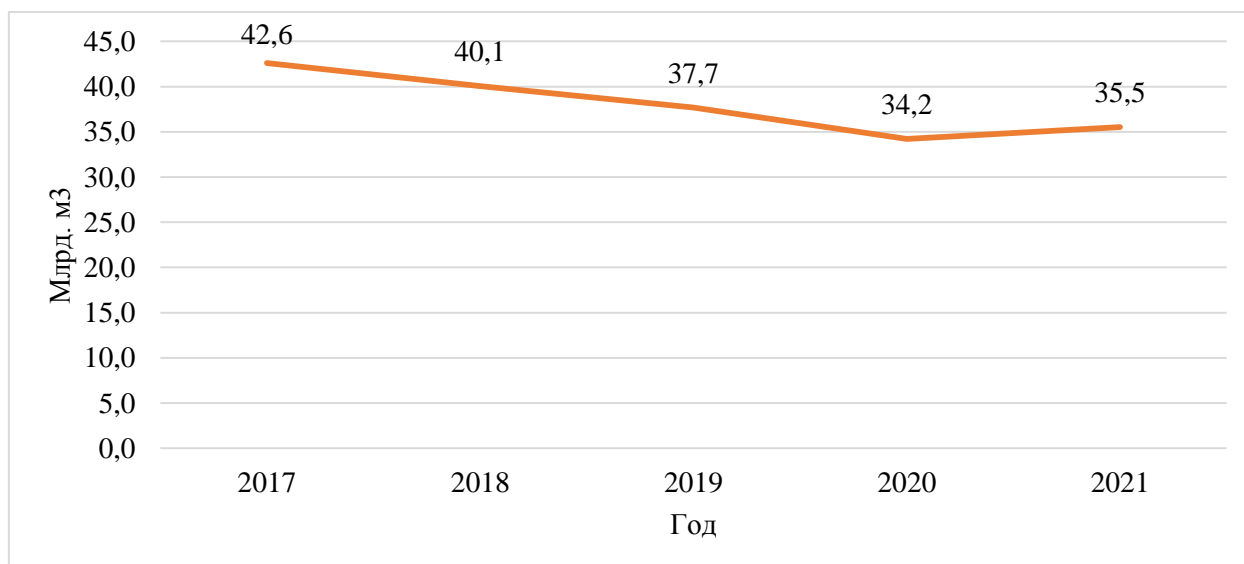


Рисунок 4 – Объем сброса сточных вод, млрд. м³

График по объемам выбросов показывает, что количество объемов сброса сточных вод стремилось к уменьшению с 2017 по 2020 год.

Фактические объёмы выбросов в 2020 году снизились на 11,5% по сравнению с объемами 2017 года. Однако к 2021 объемы выросли на 3,8% по сравнению с 2020 годом.

В таблице 7 представлен перечень основных загрязняющих веществ, входящих в состав сточных вод, выбрасываемых в водные объекты по Российской Федерации, а также значения выбросов по каждому веществу за период 2017-2021 гг.

Таблица 7 – Поступление загрязняющих веществ со сточными водами в водоемы по Российской Федерации

Год	Загрязняющие вещества							
	сульфатов, млн. т	хлоридов, млн. т	общего азота, тыс. т	нитратов, тыс. т	Жиров и масел, тыс. т	фенола, т	свинца, т	ртути, т
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2017	2,2	5,8	28,5	404,8	1,8	14,3	6,2	0,00
2018	1,7	6,3	31,5	387,9	2,0	21,2	4,2	0,01
2019	1,7	6,7	-	368,0	1,8	15,1	5,0	0,01
2020	1,7	6,4	-	366,4	1,6	17,1	5,3	0,01
2021	5,0	5,9	-	366,8	1,4	19,3	4,1	0,02

Как видно из таблицы 7, наиболее часто в составе сточных вод встречаются сульфаты и хлориды.

Как показывает практика, объекты нефтехимии, помимо непосредственного влияния на атмосферу, гидросферу и литосферу, также оказывают влияние на изменение климата за счёт разрушения озонового слоя.

Озоновый слой при этом разрушается из-за парникового эффекта, вызванного выбросами парниковых газов.

К парниковым газам относятся:

- углекислый газ,
- метан,
- озон,

– оксиды азота.

При этом углекислый газ составляет три четверти всех выбросов парниковых газов.

Наибольшие выбросы парниковых газов приходятся на арктические регионы Российской Федерации. Арктические нефтебазы России производят выбросы парниковых газов, суммарно превышающие выбросы Австрии, Португалии и Венгрии.

Большинство парниковых газов получают в результате сжигания природного газа. Природный газ при этом добывается из подземных месторождений вместе с сырой нефтью. Также стоит отметить, что при добыче нефти из песков парниковых газов образуется в три раза больше.

В результате анализа, проведенного в подразделе 1.1, было выявлено, что оксиды углерода составляют основную часть всех выбросов. Только за 2021 год оксиды углерода составили 39,5% от общего объема выбросов в атмосферу.

Рассмотрим показатели выбросов парниковых газов от промышленных процессов, используемой на предприятиях энергетики и отходов производства. Статистика представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Выбросы парниковых газов по объектам (миллионов тонн CO₂-эквивалента в год)

Объект	Год				
	2016	2017	2018	2019	2020
Энергетика	1 606,1	1 637,0	1 688,7	1 682,3	1 597,7
Промышленные процессы и использование промышленной продукции	218,0	230,9	240,2	233,6	241,7
Отходы	87,0	89,1	91,0	92,9	95,4

В таблице 8 наглядно показано, что основным источником углекислого газа являются объекты энергетики. В таблице 9 представлено разделение

выбросов углекислого газа по объектам энергетики на технологические процессы, являющиеся источниками выбросов.

Таблица 9 – Выбросы парниковых газов, связанных с энергетикой (миллионов тонн CO₂-эквивалента в год)

Технологический процесс	Год				
	2016	2017	2018	2019	2020
Сжигание ископаемых топлив	1 414,1	1 435,0	1 471,7	1 450,7	1 380,9
Потери и технологические выбросы в атмосферу	192,1	202,1	217,0	231,6	216,8
Добыча твердых топлив	60,5	65,1	68,5	68,2	64,0
Деятельность, связанная с нефтью и газом	131,6	137,0	148,5	163,4	152,8

Анализ данных, представленных в таблице 9, показывает, что основной проблемой в области энергетики является сжигание ископаемых топлив, приводящее к наибольшим выбросам углекислого газа.

Для наглядности также представим выбросы углекислого газа от промышленных процессов и отходов по основным технологическим процессам.

В таблицах 10 и 11 представлены выбросы парниковых газов, связанные с промышленными процессами и отходами.

Таблица 10 – Выбросы парниковых газов, связанные с промышленными процессами и использованием промышленной продукции (миллионов тонн CO₂-эквивалента в год)

Технологический процесс	Год				
	2016	2017	2018	2019	2020
1	2	3	4	5	6
Производство продукции из минерального сырья	35,58	36,11	36,90	36,32	36,01
Химическая промышленность	56,02	66,76	74,79	68,29	73,37
Металлургия	108,84	108,92	107,25	105,46	107,26
Использование растворителей и неэнергетических продуктов из топлива	1,76	1,42	1,52	1,73	2,01
Электронная промышленность	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02
Использование фторированных заменителей озоноразрушающих веществ	14,63	16,51	18,48	20,54	21,93
Производство и использование другой продукции	1,17	1,19	1,20	1,23	1,16

Таблица 11 – Выбросы парниковых газов, связанные с отходами (миллионов тонн CO₂-эквивалента в год)

Технологический процесс	Год				
	2016	2017	2018	2019	2020
Захоронение твердых отходов	60,43	62,33	64,03	65,60	67,62
Биологическая обработка твердых отходов	0,05	0,04	0,01	0,02	0,02
Очистка жидких отходов и стоков	26,50	26,70	27,00	27,24	27,74

Из таблицы 10 можно определить, что наиболее уязвимыми видами промышленных объектов по выбросам углекислого газа являются металлургия и химическая промышленность.

Анализ данных таблицы 11 позволяет сделать вывод о том, что процесс захоронения твердых отходов является источником примерно 70% ежегодных выбросов парниковых газов, связанных с отходами производств.

Однако, помимо изменения климата, а также загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы, объекты промышленности оказывают также влияние на фауну. Например, добыча нефти на острове Сахалин представляет угрозу для популяции живых существ западной части Тихого Океана, что беспокоит ученых.

К иным экологическим рискам нефтедобычи можно отнести:

- утечку сырой нефти;
- провоцируемые сейсмические волны.

Одним из объектов, используемых для нефтедобычи, является поисковая платформа. Из-за нарушения равновесия провоцируется давление в отверстиях таких платформ при перемещении, создаётся потенциальная опасность извержения нефти.

Создание нефтяного пятна может существенно повлиять на экосистему, изменив её на десятилетия.

Однако если авария достигнет крупных масштабов, создаётся опасность того, что нефть достигнет берега, чем вызовет ингаляционное отравление у живых существ, включая человека.

Вывод по разделу 1

В результате анализа данных по аварийным ситуациям, а также анализу антропогенной нагрузки, удалось выявить наиболее проблемные зоны обеспечения экологической безопасности в нефтяной промышленности.

В качестве основных причин аварий, для которых необходима разработка технического решения, стоит выделить коррозионные дефекты и отсутствие должного производственного контроля.

Также стоит учесть такую проблему, как выбросы углекислого газа, и предложить техническое решение по снижению его выбросов, связанных с применением ископаемого топлива и захоронением твердых отходов.

2 Методы и средства повышения экологической безопасности при эксплуатации

2.1 Анализ методов и средств повышения экологической безопасности при эксплуатации

Вводная часть: основная проблема всего нефтегазового комплекса заключается в необходимости уменьшения вредного влияния производств на всю окружающую среду.

Данная проблема закреплена на законодательном уровне большинства стран.

Наибольшее воздействие на окружающую среду при этом оказывают отходы нефтегазового комплекса. Отходы выделяются на всех стадиях нефтедобычи и производства нефтепродуктов, как от основных технологических процессов, так и от вспомогательных.

Рассмотрим перечень основных отходов нефтегазового комплекса. Данный перечень представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Основные виды технологических отходов

Виды объектов нефтегазового комплекса	Виды отходов	Класс опасности отходов
1	2	3
Добывающие и эксплуатационные скважины	Буровой шлам	IV
	Нефтешламы	III
	Отработанный смазочный материал	III
Добыча нефти, газа и конденсата	Нефтешламы	III
	Парафиновая пробка	IV
	Отработанные масла	III
Объекты трубопроводного транспорта нефти и газа	Нефтешламы	III
	Кристаллогидратная пробка	IV

Продолжение таблицы 12

1	2	3
-	Отработанные масляные фильтры	III
	Твердые фильтрационные материалы	IV
Хранение нефтепродуктов	Нефтешламы	III
Переработка нефти и газа	Нефтешламы	III
	Кислый гудрон	II
	Отработанные катализаторы	IV
	Отработанные адсорбенты	III
	Шлам регенерации масел	III
	Продукты очистки технологического оборудования	IV
	Продукты очистки емкостей	IV
	Отработанные осушители газов	V
Машиностроительные предприятия отрасли	Отходы цветных и черных металлов	IV
	Формовочные смеси отработанные	IV
	Абразивы	IV
	Фенопластовый облой	III
	Отходы краски	II-IV
	Гальванический шлам	II-IV

Как мы видим из таблицы 12, в нефтегазовой промышленности преобладают отходы III и IV классов опасности, что эквивалентно «умеренно опасным веществам» и «малоопасным веществам».

К основным видам отходов по самому большому количеству образования в России, при измерении в т/год, можно выделить:

- нефтешламы;
- буровой шлам.

Ещё в прошлом веке процесс образования данных отходов имел тенденции к росту из-за проблем в области утилизации. На текущий же момент мы можно увидеть уменьшение объемов образования отходов.

Проанализируем основные принципы обеспечения экологической безопасности на объектах нефтегазовой промышленности.

Принцип снижения антропогенного воздействия на окружающую среду.

Одними из ключевых факторов данного принципа являются:

- оценка экологических рисков;
- прогнозирование вредного воздействия на окружающую среду.

Сами по себе экологические риски завязаны на оценке вероятности наступления неблагоприятного события, которое способно вызывать последствия для жизни и здоровью людей, окружающей среды, а также повлечь за собой определенную ответственность для того, кто является виновником произошедшего неблагоприятного воздействия.

При этом экологический риск связан не только с деятельностью человека. Под деятельностью человека в области оценки экологических рисков мы можем понимать следующее:

- ошибки при проектировании зданий и сооружений;
- ошибки при монтаже технологического оборудования;
- ошибки при эксплуатации технологического оборудования;
- злоумышленные действия;
- нарушение природного равновесия в результате осуществления технологического процесса.

Однако экологические риски, как было отмечено выше, могут возникать в результате различных природных явлений. К типичным природным явлениям можно отнести землетрясения, наводнения, ураганы и т.д. Когда мы говорим о нарушении природного равновесия в результате осуществления технологического процесса, мы как раз подразумеваем

возникновения каких-либо природных явлений в результате деятельности человека. В качестве примера таких нарушений для нефтегазовой промышленности можно отнести образования фонтана нефти при бурении скважин.

«Экологические риски напрямую связаны с законотворческой деятельностью государства и проявляются в возможности нарушения законодательства по охране окружающей среды. В нефтегазовой отрасли риск нарушения законодательства по охране окружающей среды, прежде всего, связан с технологией разработки месторождений и транспортом углеводородов. Кроме того, может возникнуть ситуация, когда по причине изменения законодательства по охране окружающей среды, реализация проекта приводит к нарушению законодательства» [19].

Под экологическими рисками мы понимаем те события, которые мы можем предотвратить. Но есть и такое понятия, как «форс-мажор». С точки зрения законодательства Российской Федерации стоит употреблять такие понятия данного термина, как «непреодолимая сила» и «обстоятельства непреодолимой силы».

«Непреодолимые силы, к сожалению, предугадать, оценить и предотвратить нельзя. Такие обстоятельства можно только застраховать с целью снижения экономических последствий от их проявления» [14].

Данный принцип, основанный на экологических рисках и прогнозировании с целью предупреждения, также включает в себя постоянное улучшение деятельности организации в области использования природных ресурсов, то есть затрагивает улучшение системы экологической политики предприятия и его экологического менеджмента.

В таблице 13 представлены методы управления экологическими рисками [28].

Таблица 13 – Методы управления экологическими рисками

Методы управления		Вероятность наступления рискового события	Размер ущерба	Стратегия действия предприятия
1	2	3	4	5
Пассивные	Принятие экологического риска	Низкая	Низкий	Предприятие не предпринимает никаких действий по отношению к возникшему риску, при этом возникшие потери практически не сказываются на его финансовом состоянии
	Передача экологического риска партнерам	Низкая	Средний	Риск в полном или частичном объеме переносится на другие предприятия, в качестве которых могут выступать поставщики, покупатели и другие региональные предприятия, работающие в той же отрасли
	Самострахование	Средняя	Низкий	Предприятие создает специальные резервные фонды, которые при наступлении непредвиденной экологической ситуации будут являться источником компенсационных выплат
Активно-пассивные	Сокращение вероятности экологического события	Высокая	Низкий	Предприятие разрабатывает стратегию, основанную на анализе в области прогнозирования экологической ситуации
	Установление внутренних экологических нормативов и определение ответственных за их выполнение	Средняя	Средний	Требуется наличие эффективной системы стимулирования, основанной на строгом контроле, больших премиях, штрафах
	Передача экологического риска финансовым институтам	Низкая	Высокий	Риск передается страховым, банковским и другим финансово-кредитным организациям (экологическое страхование, финансовые гарантии и поручительства, займы экологической направленности)

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5
-	Распределение экологического риска	Средняя	Высокий	Предприятие распределяет собственный экологический риск между различными сторонами, в качестве которых могут выступать партнеры по бизнесу, финансовые институты, государство
Активные	Сокращение экологического ущерба	Высокая	Средний	Осуществляются предупредительные и компенсирующие экологические мероприятия, требующие привлечения большого количества ресурсов (трудовых, материальных, финансовых, информационных), при этом возникающие затраты окупаются получаемыми экологическими, экономическими и социальными выгодами
	Уклонение от экологического риска (избежание экологического риска)	Высокая	Высокий	Отказ предприятия от видов производственно-хозяйственной деятельности, влекущих за собой возникновение неприемлемого уровня экологического риска

Принцип экономической целесообразности.

Данный принцип фактически связан с начальным этапом существования предприятий нефтегазового комплекса. Его суть заключается в рациональном планировании проектирования и в рациональном составлении проектной документации.

Здесь идёт речь в первую очередь о рациональном управлении, то есть фактически мы говорим о том, что на любом предприятии должны формировать экологическую политику ещё до его официального начала деятельности.

В согласии с данным принципом упор ставится на такие факторы, как:

- рациональное использование природных ресурсов;
- безотходное производство;
- рациональное управление предприятием.

Принцип рациональности.

Данный принцип состоит в том, что на предприятии должно обеспечиваться рациональное использование природных ресурсов, а также должны внедряться природосберегающие и ресурсосберегающие технологии.

Рассмотрим примеры известных решений, направленных на рациональное использование природных ресурсов.

Первым примером рационального использования ресурсов является рациональное использование ресурсов литосферы.

«Литосферой называется внешняя оболочка Земли. При общей площади поверхности земного шара 510 млн. км² на долю суши приходится 149 млн. км², из которых 20 млн. км² занимают ледяные пустыни Арктики и Антарктики. Таким образом, на долю земельных ресурсов приходится всего 25 % общей поверхности земного шара» [27].

«За последние 25-30 лет наметилась четкая тенденция к постепенному сокращению площади сельскохозяйственных земель, в частности пашни, приходящейся на одного жителя планеты. Если в 1986 г. этот показатель составлял 0,28 га, то к 2000 г. он снизился до 0,2 га. В дальнейшем темпы снижения площади пашни, приходящейся на одного жителя планеты, еще более возрастут. Основные причины такого снижения - рост численности населения земного шара, а также развитие промышленности, транспорта и городов» [27].

«Вредное влияние нефтяной промышленности на литосферу в первую очередь связано с образованием отходов производства. Данная проблема поставила перед человечеством задачи по осуществлению методов переработки и утилизации, как жидких, так и твердых отходов» [29].

Одним из примеров технического решения, направленного на борьбу с жидкими отходами нефтяной промышленности, является – переработка

нефтешламов, которые, как было отмечено ранее, входят в двойку самых распространенных отходов производств. Ранее нефтешламы ликвидировали путем сжигания в печах, но на текущий момент во многих странах благодаря техническому прогрессу нефтешламы стали подвергать многоступенчатым методам, которые позволяют полностью обезвредить нефтешламы, а также получить дополнительный набор нефтепродуктов.

Суть методов переработки нефтешламов заключается в их разделении на 3 слоя:

- верхний, который образуют получаемые нефтепродукты;
- средний, который образует подтоварная вода;
- нижний, который образует донный остаток.

В качестве второго примера выделим рациональное использование водных ресурсов.

«В промышленности вода используется в качестве исходного сырья, растворителя, теплоносителя, транспортного средства. Общий годовой расход свежей воды в промышленности стран СНГ составляет порядка 110 км³, из них 25 км³ – безвозвратные потери. На долю оборотного водоснабжения приходится более 70 % общего водопотребления» [1].

«Как известно, нефтяная промышленность является самым крупным потребителем воды, так как вода является составляющим звеном почти всех технологических процессов» [17].

«В качестве примеров потребления воды в нефтяной промышленности можно обозначить:

- в качестве реагента;
- в качестве теплоносителя для нагрева смесей и охлаждения продуктов реакции;
- в качестве растворителя;
- в качестве объекта промывки реакционной смеси;
- в качестве рабочей среды» [17].

«Проблема промышленных сточных вод нефтехимических предприятий решается по ряду направлений:

- всемерное сокращение количества сточных вод за счет их замкнутого цикла в производстве, а также сжигание загрязненных отходов с предварительным выпариванием и утилизацией теплоты, выделяющейся при сгорании органической части;
- широкое применение естественной очистки путем спуска сточных вод под землю и использования сточных вод в земледелии для удобрения почв;
- биологическая очистка и аэрация в искусственных и естественных прудах и накопителях;
- очистка с помощью химических средств и адсорбентов» [1].

Третьим примером является рациональное использование ресурсов атмосферы.

«Атмосфера является наружной защитой для всего живого от губительного воздействия ультрафиолетовых, рентгеновских и космических лучей. Она задерживает более 50 % солнечной энергии, достигающей ее границ, защищает землю от метеоритов, которые, входя в газовую оболочку с большой скоростью, сгорают» [18].

«Атмосфера – сложная система, находящаяся в тесном взаимодействии с земной поверхностью, мировым океаном и космосом. В атмосфере протекают тепловые, электромагнитные, химические и фотохимические процессы, способствующие удержанию тепла у поверхности Земли. Без этого, так называемого «парникового эффекта», Земля сильно охлаждалась бы зимой и ночью, а летом и днем – сильно перегревалась» [18].

Сами по себе ресурсы атмосферы относятся к важным природным ресурсам. На текущий момент естественные соединения, поступающие в атмосферу, значительно преобладают над антропогенным влиянием деятельности человека.

Как отмечено в подразделе 1.2 раздела 1, возникает проблема парникового эффекта.

«На углекислый газ, как пояснялось ранее, приходится три четверти всех выбросов парниковых газов. Здесь стоит вернуться к моменту сравнения естественных выбросов и выбросов, производимых человеком, так как на текущий момент основным источником выбросов углекислого газа является Тихий океан, а если быть точнее, то его флора и фауна, представители которых выделяют углекислый газ в качестве продукта своей жизнедеятельности» [32].

Но парниковые газы являются не единственной проблемой нефтяной промышленности. При выделении ряда химических соединений происходит процесс коррозии, который затрагивает эксплуатируемой технологической оборудование. К таким соединениям можно отнести, например, соединения хлора и фтора. Их соединения влияют не только на обычные стали, но и также на легированные. Это является причиной ежегодных потерь значительной части денег, которые выделяются на ремонт оборудования, либо на модернизацию нового. Также в качестве фактора можно выделить экономические потери в виде остановки производства.

«В настоящее время известно несколько путей предотвращения химического загрязнения атмосферы, основными из которых являются:

- повышение культуры эксплуатации автотранспорта, усовершенствование двигателей внутреннего сгорания, внедрение новых видов топлива;
- внедрение эффективных методов очистки промышленных газовых выбросов от вредных соединений;
- разработка и внедрение малоотходной и безотходной технологии;
- замена сырья и топлива на экологически более чистое;
- строительство высоких дымовых труб;
- вывод вредных производств за пределы города;

– выращивание зеленых насаждений в черте города, населенного пункта, вдоль шоссеиных дорог» [3].

В качестве четвертого примера рассмотрим вопросы о рациональном использовании лесных ресурсов.

В качестве природного ресурса лес применяется во многих сферах человеческой деятельности, в связи с чем представляет значительную ценность.

В нефтяной промышленности широкое применение получила сосна. Ее применяют в качестве элемента вышек.

В это случае стоит руководствоваться Лесным кодексом Российской Федерации N 200-ФЗ от 04.12.2006.

В соответствии с 1 статью Лесного кодекса РФ:

«Лесное законодательство и иные регулирующие лесные отношения нормативные правовые акты основываются на некоторых принципах.

Устойчивое управление лесами, сохранение биологического разнообразия лесов, повышение их потенциала.

Сохранение средообразующих, водоохраннх, защитных, санитарно-гигиенических, оздоровительных и иных полезных функций лесов в интересах обеспечения права каждого на благоприятную окружающую среду.

Использование лесов с учетом их глобального экологического значения, а также с учетом длительности их выращивания и иных природных свойств лесов.

Обеспечение многоцелевого, рационального, непрерывного, неистощительного использования лесов для удовлетворения потребностей общества в лесах и лесных ресурсах.

Сохранение лесов, в том числе посредством их охраны, защиты, воспроизводства, лесоразведения.

Улучшение качества лесов, а также повышение их продуктивности.

Участие граждан, общественных объединений в подготовке решений, реализация которых может оказать воздействие на леса при их использовании, охране, защите, воспроизводстве, в установленных законодательством Российской Федерации порядке и формах.

Использование лесов способами, не наносящими вреда окружающей среде и здоровью человека.

Использование лесов по целевому назначению, определяемому в соответствии с видами лесов и выполняемыми ими полезными функциями.

Недопустимость использования лесов органами государственной власти, органами местного самоуправления.

Платность использования лесов» [9].

Рациональное использование энергетических ресурсов.

«Самыми крупными по использованию энергетических ресурсов ответвлениями нефтяной промышленности являются предприятия нефтеперерабатывающей промышленности» [30].

«В данной отрасли используются все виды физической энергии. Самыми распространенными являются:

- тепловая,
- электрическая,
- механическая» [30].

Встает вопрос о рациональном использовании энергетических ресурсов в промышленности.

К процессам, для которых в нефтяной промышленности используется электрическая энергия, можно отнести электролиз и электротермию. Главным техническим решением в данной области является применение автоматизированных средств для управления технологическими процессами на нефтеперерабатывающих производствах.

На рисунке 5 представлена структура потребностей элементов нефтяной промышленности.

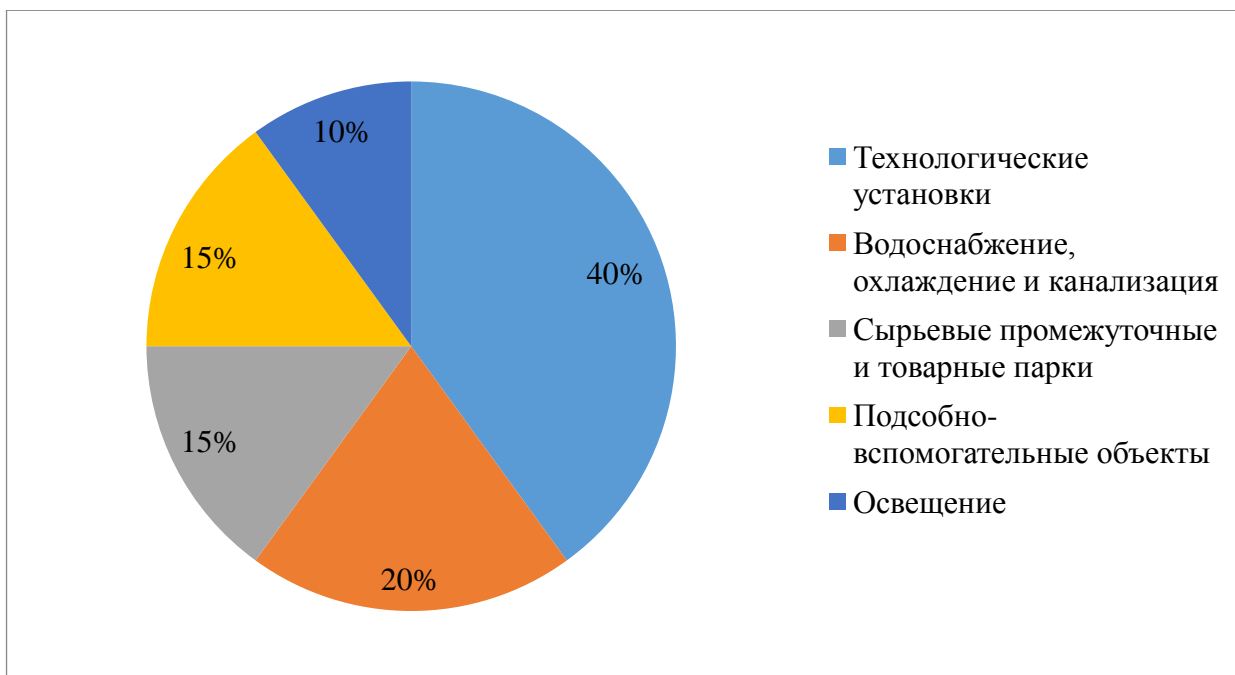


Рисунок 5 – Структура потребности перерабатывающих отраслей нефтяной и газовой промышленности в электроэнергии

«Тепловая энергия в нефтяной промышленности применяется для стандартных процессов нагрева и охлаждения во многих технологических процессах, например, при производстве сырья, материалов, готовых продуктов, а также вспомогательных материалов, являющихся средствами труда» [31].

«Основными направлениями экономии энергии в нефте- и газоперерабатывающих производствах являются:

- модернизация действующего и замена устаревшего энергетического и энергоиспользующего оборудования, машин и механизмов;
- оптимизация режимов работы энергетических и технологических установок в целях значительного снижения удельных расходов топлива, тепловой и электрической энергии;
- широкое использование современных приборов и автоматизированных систем для учета и контроля расхода энергии;
- повышение уровня использования вторичных топливно-энергетических ресурсов, максимальное применение рекуперации

теплоты в технологических агрегатах и использование теплоты вентиляционных выбросов для предварительного подогрева вентиляционного воздуха, а также утилизация других видов низкопотенциальной теплоты с помощью тепловых насосов;

- снижение потерь топлива и нефтепродуктов при транспортировке, хранении и использовании, а также тепловой и электрической энергии при производстве и передаче» [16].

Наиболее эффективным техническим решением в области потребления энергетических ресурсов является применением вторичных энергоресурсов. Для примера, в России ежегодно применяется около 10-15 миллионов тонн условного топлива горючих вторичных энергоресурсов, а тепловых вторичных энергоресурсов – 55-70 миллионов гигакалорий, что помогает сэкономить около 20-25 миллионов тонн условного топлива энергоресурсов.

«Основными направлениями использования вторичных энергоресурсов в нефтяной отрасли являются:

- утилизация отходящих дымовых газов и теплоты нагревательных установок и утилизационных котельных агрегатов;
- вторичное использование греющего пара (передача пара после обогрева аппаратов, где требуется высокая температура, на аппараты с небольшой температурой обогрева и для отопления);
- максимальное использование изоляционных и экранирующих устройств;
- предотвращение тепловых потерь, особенно в зимнее время;
- тщательный подбор электродвигателей пропорционально мощности рабочих машин и аппаратов;
- повторное использование воды» [7].

Использование вторичных энергоресурсов в нефтяной промышленности поможет ежегодно экономить на 5 миллионах тонн условного топлива энергоресурсов.

Применение вторичных энергоресурсов повышает эффективность действующих нефтяных производств за счет:

- экономии топлива;
- экономии капиталовложений;
- снижения себестоимости продукции нефтяной отрасли.

Принцип периодичности.

Данный принцип касается периодичности проведения проверок. Затрагивая вопросы об экологической безопасности, подразумевается проведение систематического экологического мониторинга природной среды в регионах деятельности нефтяной промышленности.

В качестве технического решения можно рассмотреть датчик, фиксирующие параметры природной среды, а также разработку чек-листа, направленного на выявление нарушений требований законодательства в области охраны окружающей среды.

Принцип безаварийного производства.

В подразделе 1.1 раздела 1 был проведен анализ аварийности на объектах нефтяной промышленности на основании данных, предоставленных Ростехнадзором.

Например, за 2020 год в результате аварий на объектах нефтяной промышленности площадь нарушенных земель составила 113 гектаров, что эквивалентно 1 130 000 м². Также за 2020 год от аварий пострадало 15 гектаров водных объектов, что эквивалентно 150 000 м².

Данный принцип заключается во внедрении эффективных инноваций, способствующих снижению токсических выбросов в атмосферу и водные объекты, а также воздействию вредных веществ на литосферу, за счёт снижения количества чрезвычайных ситуаций на объектах нефтяной промышленности.

Принцип публичности экологической информации.

Данный принцип заключает в публичном освещении ключевых аспектов экологической деятельности каждого предприятия нефтяного кластера.

Основную информацию по объектам можно получать на официальном сайте Росприроднадзора [22] и по запросам.

Принцип социальной эффективности.

Данный принцип относится к таким наукам, как социология и психология. Он связан с психологическим здоровьем работников различных отраслей промышленности, а также с населением, проживающим в районах ведения промышленности.

Он заключается в эстетической ценности природных ресурсов. Одним из ярких примеров города Тольятти можно назвать ПАО «Тольяттиазот», так как на территории данного предприятия представлено значительное количество различных представителей флоры.

Принцип экологического сознания.

«Природоохранные затраты нефтегазовых компаний должны обеспечивать поддержание качества среды жизнедеятельности человека и общее поддержание природно-ресурсного потенциала, включая сохранение экологического равновесия на всех уровнях (от локального до глобального). Постоянное повышение уровня компетентности персонала в вопросах охраны окружающей среды» [5].

Фактически данный принцип связан с повышением компетентности всего персонала предприятий нефтяной промышленности по вопросам охраны окружающей среды. Однако стоит отметить, что данный принцип распространяется и на население городов в целом.

Если мы обратимся к так называемому Атласу будущих профессий, предоставленному в открытом доступе инновационным центром «Сколково», то сможем увидеть несколько профессий в области экологии, которые нам только предстоит увидеть.

В качестве примеров таких профессии, которые применимы к нашему принципу, можно отнести:

- «экопроповедника – специалиста, который разрабатывает и проводит образовательные и просветительские программы для детей и взрослых по образу жизни, связанному со снижением нагрузки на окружающую среду (неперепотребление, отдельный сбор мусора, экологически осознанный образ жизни и др.), а также программы для производственных предприятий по более экологичным практикам производства» [2];
- «эковожатого – специалиста, который поддерживает инициативные общественные группы, работающие на улучшение экологии, обеспечивает обмен информацией между ними, помогает им организовать общественный контроль производств и мониторинг поведения людей на местах (в городах/деревнях)» [2].

2.2 Описание и возможность внедрения методов и средств повышения экологической безопасности при эксплуатации объекта нефтяной отрасли

Рассмотрим технические решения, направленные на переработку нефтешламов на основании принципа рационального использования ресурсов литосферы.

Известные технические решения представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Анализ технических решений по переработке нефтешламов

Наименование предложенного технического решения	Сущность технического решения
Установка по переработке донных нефтешламов, нефтяных песков, горючих сланцев и другого подобного им сырья	«Установка по переработке донных нефтешламов и нефтяных песков, оба реактора которой представляют собой цилиндрические трубы с вращающимся внутри них спиральным движителем сырья и твердых продуктов реакции насквозь через последовательно расположенные реактор термолиза, фильтр и реактор-облагораживатель. Для подачи циркулирующего газа из трехфазного сепаратора во входную часть реактора термолиза они соединены трубопроводом. Для подачи воздуха для облагораживания твердых продуктов реакции в задний конец» [21].

Продолжение таблицы 14

<p>Установка по переработке донных нефтешламов, нефтяных песков, горючих сланцев и другого подобного им сырья</p>	<p>«реактора-облагораживателя последний соединен трубопроводом с компрессором. Также применен рукавный фильтр с короткоцикловой обратной продувкой, в качестве которой подают газ из трехфазного сепаратора. Реактор термоллиза снабжен, по крайней мере, одним дополнительным зацепляющимся самоочищающимся спиралью-движителем. Основная цель установки - извлечь из сырья жидкие и газообразные углеводороды и отправить в отвал или в использование обгазированные экологически нейтральные твердые продукты термоллиза» [21].</p>
<p>Аппаратурно-технологический комплекс для переработки и обезвреживания нефтешламов</p>	<p>«Создание нового аппаратурно-технологического комплекса, обеспечивающего высокоэффективную переработку и обезвреживание нефтешламов с утилизацией из них нефтесодержащих веществ в форме товарных продуктов и/или полупродуктов» [21].</p>
<p>Способ переработки устойчивых нефтяных эмульсий и застарелых нефтешламов</p>	<p>«Изобретение касается способа переработки устойчивых нефтяных эмульсий и застарелых нефтешламов, включающего нагревание водяным паром, отстаивание до содержания воды в нефтешламе не более 50 мас.%, удаление нефтепродуктов для получения мазута» [21].</p>
<p>Способ переработки нефтешламов и очистки замазученных грунтов</p>	<p>«Изобретение относится к области нефтяной промышленности, а более конкретно к методам улучшения экологического состояния и возвращения в хозяйственный оборот земель, загрязненных нефтепродуктами, в частности нефтешламами, и замазученных грунтов, в том числе в результате разлива нефти и нефтепродуктов» [21].</p>
<p>Установка термической переработки нефтешлама</p>	<p>«Положительный эффект в виде увеличения надежности и производительности достигается интенсификацией теплопередачи от топки нефтяному шламу за счет его перемешивания, предотвращением закоксовывания лопаток последовательной, за счет реверсирования вращения, работой обеих сторон лопаток, обеспечением оптимального температурного режима работы подшипниковых узлов, снижением напряженно-деформированного состояния переходных зон от одной части корытообразного днища к другой и зон крепления днища к стенкам корпуса» [21].</p>

В таблице 15 представлено сравнение описанных в таблице 14 технических устройств с аналогами.

Таблица 15 – Анализ характеристик известных технических решений по переработке нефтешламов в сравнении с аналогами

Наименование предложенного технического решения	Недостатки аналогов предложенного технического решения	Преимущества предложенного технического решения в сравнении с аналогами
1	2	3
Установка по переработке донных нефтешламов, нефтяных песков, горючих сланцев и другого подобного им сырья	Налипание нефтепродуктов на шнек, что приведет в конечном итоге к выходу оборудования из строя; большие габариты; реактор сложен по исполнению и ненадежен из-за возможности закоксования пазов, трубок и других элементов конструкции.	Низкие температуры (до 400°С); короткое время проведения процесса; значительную часть тяжелых углеводородов без образования значительного количества кокса; образующийся кокс и другие механические примеси хорошо очищены от углеводородов, что делает экологически допустимым захоронение последнего в очищенном грунте.
Аппаратурно-технологический комплекс для переработки и обезвреживания нефтешламов	Сложность конструкции; сложность эксплуатации; отсутствие в их составе необходимого оборудования для переработки нефтешламов, содержащих значительное количество твердой фазы: иловые фракции, замазученная земля и т.п.	Высокоэффективная переработка и обезвреживание нефтешламов с утилизацией из них нефтесодержащих веществ в форме товарных продуктов и/или полупродуктов; повышение степени разделения водной и нефтяной фаз и увеличении степени очистки от твердой фазы.
Способ переработки устойчивых нефтяных эмульсий и застарелых нефтешламов	Загрязнение окружающей среды извлеченными обводненными механическими примесями и сточными нефтесодержащими водам; получение углеводородного продукта низкого качества из-за высокой обводненности; дополнительный расход товарного продукта-мазута	Низкая обводненность; утилизация механических примесей и сточных нефтесодержащих вод.

Продолжение таблицы 15

1	2	3
Способ переработки нефтешламов и очистки замазученных грунтов	Необходимость расходования большого количества дефицитного навоза; необходимость расходования активного ила очистных сооружений нефтеперерабатывающего завода, который не всегда доступен; вносимые в качестве органических компонентов растительные остатки не всегда обеспечивают необходимую влажность и аэрацию для процесса биодеструкции; трудоемкость.	Снижение времени разложения нефтепродуктов; механизм многократной биорегенерации позволяет очищать нефтезагрязнения до нуля; отмершие после обработки загрязненной почвы микроорганизмы повышают плодородие почвы, а глауконит при этом становится естественным удобрением; используемая органика служит для усиления питания и ускоренного активного размножения почвенной микрофлоры, прежде всего углеводородоразлагающих микроорганизмов; поддержание рН на уровне 6,5-8,0; снижение объема воды, образующейся при биодеструкции.
Установка термической переработки нефтешлама	Большие габариты; сложная конструкция; контакт перерабатываемого шлама с открытым огнем, приводящий к интенсивному образованию коксовых отложений на лопастях; высокая энергоемкость; низкая удельная производительность.	Повышенная надежность; повышенная производительность; вариативность исполнения (мобильная/стационарная).

Стоит отметить, что «метод переработки нефтешламов является ценным с точки зрения экономической эффективности, так как получаемые нефтепродукты имеют высокую стоимость, на основании чего можно сказать, что метод полностью окупает себя» Gadoev.

Рассмотрим также рациональное использование водных ресурсов.

Технические решения, направленные на очистку сточных вод в нефтяной промышленности представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Анализ технических решений по очистке сточных вод

Наименование предложенного технического решения	Сущность технического решения
Способ очистки нефтепромысловых сточных вод	«Изобретение относится к способам очистки сточных вод в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности и может быть использовано при подготовке нефтепромысловых сточных вод» [24].
Состав для очистки сточных вод от нефти и нефтепродуктов	«Изобретение относится к сорбентам для очистки сточных вод от нефти и нефтепродуктов и может быть использовано для очистки сточных вод металлургических заводов» [24].
Устройство для очистки нефтесодержащих сточных вод	«Изобретение может быть использовано во всех отраслях народного хозяйства, сточные воды которых содержат нефть и нефтепродукты» [24].
Способ очистки нефтесодержащих сточных вод	«Изобретение относится к способам очистки сточных вод от нефти и нефтепродуктов и может быть использовано при водоподготовке на различных объектах. В результате сорбции нефти и нефтепродуктов гуминовой кислотой в количестве 0,02-0,50г на 100мл загрязненной воды при перемешивании в течение 30 мин с последующим фильтрованием воды степень очистки последней составляет для дизельного топлива 99,09-99,85%, а для нефти 81,14-90,27%» [24].
Коалесцентный фильтр для очистки сточных вод на нефтедобывающих предприятиях	«Коалесцентный фильтр для очистки сточных вод на нефтедобывающих предприятиях, включающий корпус и элементы с отверстиями различного диаметра, люк для очистки от механических примесей, решетки с ячейками различного диаметра, смотровую трубку, отличающийся тем, что коалесцентный фильтр дополнительно оборудуется нагревательными элементами для подогрева сточной воды, а также трубопроводом подачи деэмульгатора с целью увеличения скорости отделения нефти от воды» [24].

В таблице 17 представлено сравнение описанных в таблице 16 технических устройств с аналогами.

Таблица 17 – Анализ характеристик известных технических решений по очистке сточных вод в сравнении с аналогами

Наименование предложенного технического решения	Недостатки аналогов предложенного технического решения	Преимущества предложенного технического решения в сравнении с аналогами
1	2	3
Способ очистки нефтепромысловых сточных вод	Растворенные нефтепродукты и механические примеси абсорбируются нефтяным слоем при движении в нем очищаемой воды в капельном состоянии, при этом на нижней границе фильтра образуется подвижный слой загрязнений, который уносится потоком воды, что вызывает необходимость ее дополнительной очистки; снижение степени очистки воды в связи с постоянным загрязнением фильтрующего нефтяного слоя механическими примесями (песок, глина, известь, смола, парафин и др.), поступающими вместе с очищаемой водой	Более глубокая очистка; сокращению расхода нефти на фильтрующий слой.
Состав для очистки сточных вод от нефти и нефтепродуктов	Низкая сорбционная способность ее в связи с повышенным содержанием бензина газоконденсатного производства; высокая стоимость производства компонентов смеси;	Повышенная степень очистки; снижение стоимости состава смеси.
Устройство для очистки нефтесодержащих сточных вод	Мелкодиспергированные частицы нефти крупностью менее 200-500 мкм не улавливаются и проскакивают в отстойную	Эффективная очистка нефтесодержащих сточных вод за счет двухступенчатой коалесценции; оптимальная гидродинамическая обстановка в отстойнике.
Способ очистки нефтесодержащих сточных вод	Низкая степень очистки воды; сложность процесса; долгий процесс; большой расход сорбента; сложность получения сорбента; ограниченный диапазон по исходной концентрации загрязнений	Широкий диапазон по исходной концентрации загрязнений; снижение расхода сорбента; повышение степени очистки сточных вод.

Продолжение таблицы 17

1	2	3
<p>Коалесцентный фильтр для очистки сточных вод на нефтедобывающих предприятиях</p>	<p>Большое количество загрузочных расходных материалов, что вызывает большие эксплуатационные затраты; низкая эффективность очистки водно-топливных эмульсий; невозможность сбора нефтепродуктов в отдельный резервуар; низкая точность забора нефтепродуктов через верхнюю заборную трубу; попадание большого количества воды в фильтр очистки от горюче-смазочных материалов с сорбирующим компонентом; сложность установки; дороговизна установки; невысокая скорость отделения воды от нефти и нефтепродуктов.</p>	<p>Введение в водно-нефтяную (водно-топливную) эмульсию деэмульгатора позволяет повысить скорость отделения воды от нефти и нефтепродуктов и улучшить качество процесса разделения.</p>

В таблице 18 приведены результаты сравнения эффективности показателей предложенного в таблицах 16-17 способа очистки нефтепромысловых сточных вод с аналогом, недостатки которого приведены в таблице 17.

Таблицы 18 – Сравнительные результаты очистки нефтепромысловых сточных вод по вышеуказанным техническим решениям

Способ	Содержание в сточной воде, мг/л		Высота фильтрующего слоя, мм		Количество обезвоженной нефти, направленной на циркуляцию нефтяного слоя, об % к очищенной воде	Содержание в очищенной сточной воде, мг/л	
	нефтепродукты	механические примеси	нефть	соляное масло		нефтепродукты	механические примеси
Аналог	6600	380	1000	-	1	84-234	71-245
	6600	380	1000	-	1	80-230	68-231
	6600	380	1000	-	3	81-220	69-236
	6600	380	1000	-	3	73-190	60-205
	6600	380	1000	-	5	52-157	48-173
	6600	380	1000	-	5	46-119	60-121
	6600	380	1000	-	8	22-49	21-56
	6600	380	1000	-	8	18-40	20-50
	-	-	-	-	10	20-45	18-50
	6600	380	1000	-	10	15-35	16-48
Техническое решение	6600	380	500	3	-	72	42
	6600	380	500	3	-	70	42
	6600	380	500	5	-	43	31
	6600	380	500	5	-	46	34
	6600	380	500	25	-	23	15
	6600	380	500	25	-	20	14
	6600	380	500	50	-	6	Следы
	6600	380	500	50	-	10	5

Из данных таблицы 18 мы видим, что содержание нефти предложенного технического решения сокращено в 2-6 раз по сравнению с аналогом, а содержание механических примесей в 3-10 раз. Этот эффект и достигается за счет увеличения толщины соляного масла.

Основной акцент в области сохранения чистоты атмосферы является очистка атмосферы от промышленных выбросов. В таблице 19 представлены известные технические решения, направленные на очистку атмосферного воздуха от вредных выбросов.

Таблица 19 – Анализ технических решений по очистке атмосферного воздуха

Наименование предложенного технического решения	Сущность технического решения
Способ очистки от углеводородов парогазовой среды, образующейся при хранении нефти или бензина или при наполнении емкости нефтью или бензином, и установка для его осуществления	«Настоящее изобретение относится к области струйной техники, преимущественно к способам, использующим насосно-эжекторные установки в системах очистки от углеводородов выбрасываемой в атмосферу парогазовой среды, образующейся при хранении нефти или бензина или при наполнении ими емкости. Способ включает подачу насосом жидкой среды в жидкостно-газовый струйный аппарат, откачку последним парогазовой среды из наполняемой емкости или резервуара для хранения и ее сжатие в жидкостно-газовом струйном аппарате за счет энергии жидкой среды» [21].
Комплексный способ и устройство для очистки и утилизации дымовых газов с получением метана	«Предлагаемое изобретение относится к теплоэнергетике и может быть использовано в процессах очистки и утилизации дымовых газов теплоэнергетических установок ТЭС для защиты озонового щита и снижения парникового эффекта окружающей атмосферы» [21].

В таблице 20 представлено сравнение описанных в таблице 19 технических устройств с аналогами.

Таблица 20 – Анализ характеристик известных технических решений по очистке атмосферного воздуха в сравнении с аналогами

Наименование предложенного технического решения	Недостатки аналогов предложенного технического решения	Преимущества предложенного технического решения в сравнении с аналогами
1	2	3
Способ очистки от углеводородов парогазовой среды, образующейся при хранении нефти или бензина или при наполнении емкости нефтью или бензином, и установка для его осуществления	Низкая степень очистки от углеводородов парогазовой среды; сложность применения; энергозатратность.	Сокращение потерь нефти или бензина; уменьшение энергетических затрат; повышение степени очистки от углеводородов выбрасываемой в атмосферу парогазовой среды.

Продолжение таблицы 20

1	2	3
Комплексный способ и устройство для очистки и утилизации дымовых газов с получением метана	Короткий рабочий цикл; ограниченная поглотительная емкость по диоксиду углерода кассет, покрытых гидроокисью кальция; периодичность работы; малая производительность устройства; малое количество улавливаемых оксидов азота и диоксида углерода, обусловленное их ограниченной растворимостью в воде; невозможность использования уловленного диоксида углерода для снижения расхода топлива, что снижает экономическую и экологическую эффективность очистки дымовых газов.	Высокая степень поглощения оксидов азота, оксидов серы, диоксида углерода, паров воды; утилизация тепла; получение дополнительного топлива; интенсификация работы очистных сооружений; одновременное снижение угрозы парникового эффекта и разрушения озонового щита окружающей атмосферы, что увеличивает экологическую и экономическую эффективность процесса очистки дымовых газов.

Из анализа применяемых в промышленности устройств удалось также выяснить, что парниковые газы являются также проблемой металлургических предприятий. Найденные технические решения можно также использовать при выплавке чугуна в печах.

Рассмотрим также технические решения на основании принципа безаварийного производства.

В качестве объекта для внедрения был выбран крупный промышленный гигант Российской Федерации, НК «Роснефть».

«Политика НК «Роснефть» в области охраны окружающей среды базируется на следующих целях:

- минимизация воздействия на окружающую среду, в том числе за счет внедрения наилучших доступных технологий и, как следствие, повышение эффективности процессов утилизации отходов, рекультивации земель, очистки сточных вод и выбросов;

- внедрение принципов «экономики замкнутого цикла»;
- защита и сохранение экосистем и биоразнообразия» [13].

Для подразделений НК «Роснефть» также остро стоит вопрос об аварийных ситуациях, которые приводят к экологическим катастрофам. Только за 2022 год одно из подразделений НК «Роснефть», ООО «РН-Уватнефтегаз», находящееся в Тюменской области, в результате аварии нанесло серьезный вред экологии, ущерб которого составил почти 42 миллиона рублей.

В данной аварии основными причинами оказались:

- коррозионные дефекты трубопровода;
- неудовлетворительный производственный контроль.

В подразделе 1.1 раздела 1 мы выяснили, что именно эти 2 причины являются основными при авариях за 2017-2021 года в нефтяной промышленности.

В качестве борьбы с коррозией выделяются несколько современных методов.

При проведении анализа аварий на ОПО в подразделе 1.1 раздела 1 посредством информации, представленной в открытом доступе на сайте Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, удалось выяснить, что основная часть коррозионных дефектов происходит с таким оборудованием, как нефте- и газопроводы, изотермические резервуары и конденсатосборники.

В качестве одного из технических решений для контроля коррозионных дефектов можно выделить датчики скорости коррозии.

Данные датчики уже активно применяются в некоторых подразделениях ПАО «Газпром».

На рисунке 6 представлена схема для размещения основных элементов, обеспечивающих катодную защиту трубопровода от коррозии.

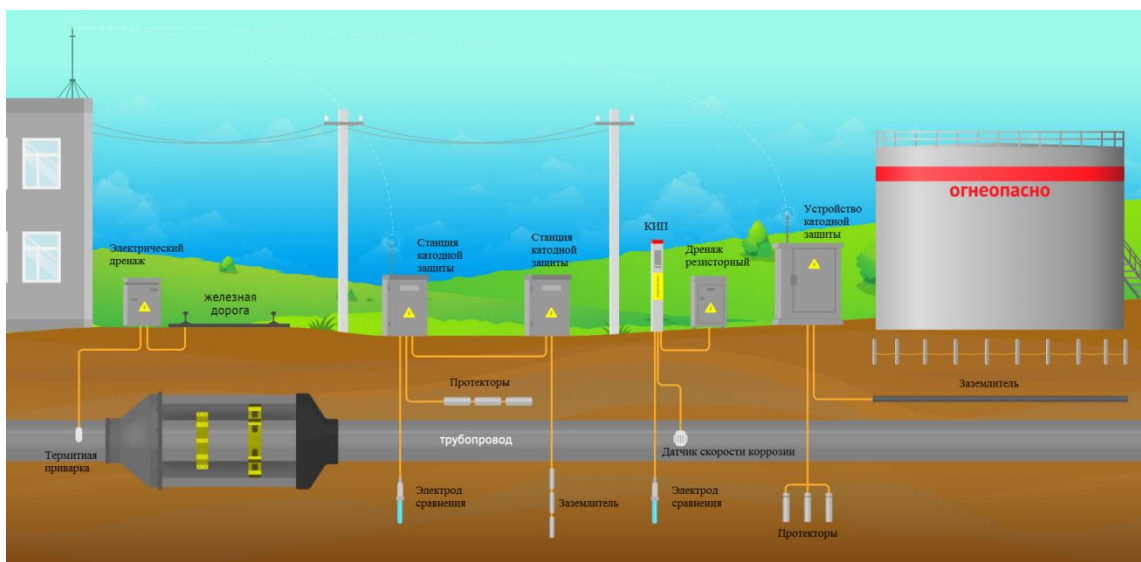


Рисунок 6 – Схема распределения основных элементов катодной защиты трубопровода от коррозии

Технический результат направлен на внедрение датчиков скорости коррозии, которые диагностируют и затем прогнозируют коррозионное состояние внешней поверхности подземных стальных конструкций и коммуникаций. Также с помощью датчика определяют эффективность системы противокоррозионной защиты, контролируя скорость коррозии.

Основные положительные аспекты внедрения данной системы:

- исследование коррозии вне лаборатории и получение данных на посту управления и контроля;
- сведение к минимуму незапланированных простоев;
- снижение риска повреждения оборудования.

«В настоящее время используется два основных типа катодной защиты трубопроводов от коррозии.

Один из них заключается в следующем: к металлическому изделию, требующему предохранения от коррозии, подводится внешний источник электрического тока. В таком исполнении сама деталь приобретает отрицательный заряд и становится катодом, роль же анода выполняют инертные, не зависящие от конструкции, электроды.

Второй способ называется «гальваническим». Нуждающаяся в защите деталь соприкасается с защитной (протекторной) пластиной, изготавливаемой из металлов с большими значениями отрицательного электрического потенциала: алюминия, магния, цинка и их сплавов. Анодами в этом случае становятся оба металлических элемента, а медленное электрохимическое разрушение пластины-протектора гарантирует поддержание в стальном изделии требуемого катодного тока. Через более или менее долгое время, в зависимости от параметров пластины, она растворяется полностью» [25].

Установка такого датчика позволяет также снизить трудоемкость процесса дефектоскопии и снизить экономические затраты.

В таблице 21 представлена сравнительная смета затрат на монтаж системы катодной защиты и проведения ежегодной дефектоскопии.

Таблица 21 – Сравнительный анализ затрат для участка трубопровода протяженностью 100 км

Наименование позиции	Стоимость	Единицы измерения
1	2	3
Внедрение датчика скорости коррозии		
Стоимость датчика скорости коррозии	от 112000	руб.
Стоимость контрольно-измерительного пункта	от 20000000	руб.
Строительно-монтажные работы	от 36000000	руб.
Итого единовременных затрат:	от 56112000	руб.
Срок службы	10	лет
Проведение дефектоскопии		
Выезд сотрудника	от 2500	руб.
Ультразвуковой контроль толщины в 1 точке	от 50	руб.
Ультразвуковой контроль магистральных трубопроводов IV класса (1 стык)	от 600	руб.
Ультразвуковой контроль магистральных трубопроводов III класса (1 стык)	от 700	руб.

Продолжение таблицы 21

1	2	3
Ультразвуковой контроль магистральных трубопроводов II класса (1 стык)	от 900	руб.
Ультразвуковой контроль магистральных трубопроводов I класса (1 стык)	от 1800	руб.
Итого единовременных затрат:	от 8440000	руб.
Периодичность	1	год

Как видно из таблицы 21, экономия на контроль параметров коррозии при монтаже системы катодной защиты составит 28 288 000 руб. в сравнении с проведением ежегодной дефектоскопии.

Второй способ для борьбы с коррозией – Non-metallic MultiSense. Это multifunctional кабель для мониторинга утечек на трубопроводах с возможностью одновременного измерения различных параметров.

Данный способ получил широкое применение на таких предприятиях, как ПАО «Татнефть», ПАО «Газпром», ПАО «Лукойл» и многие другие. На ПАО «Татнефть» на текущий момент применяют такие кабели общей протяженностью в 1189 км.

На рисунке 7 представлена краткая схема размещения основного оборудования для вышеуказанного способа.

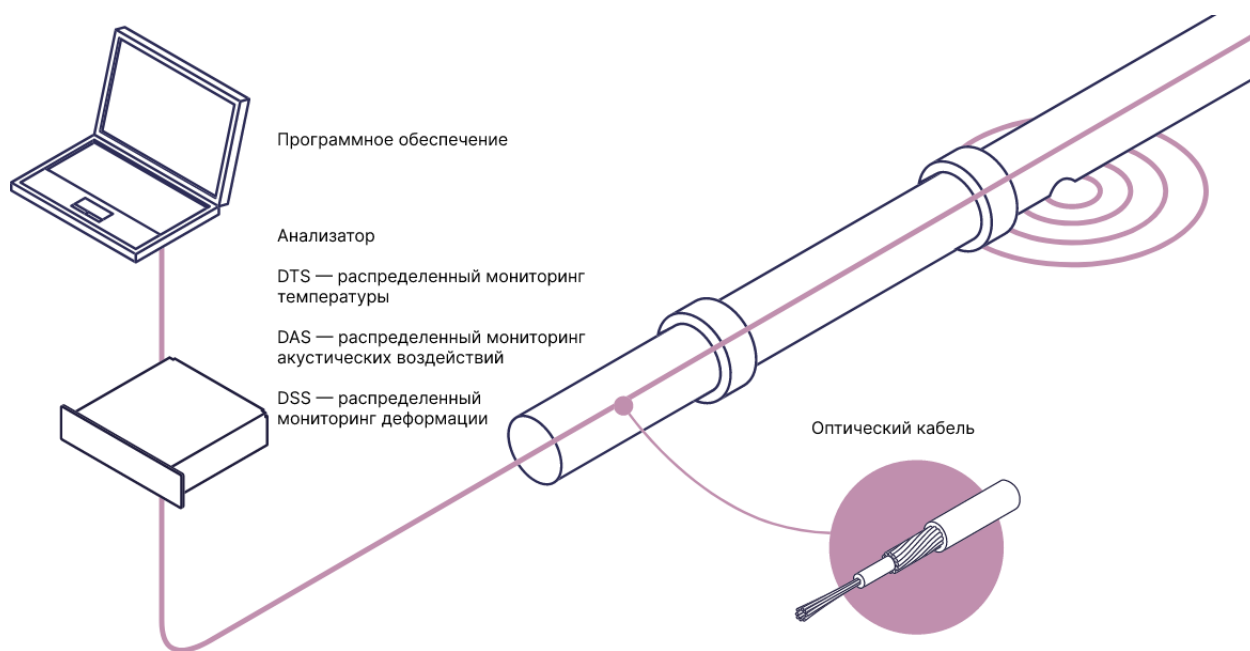


Рисунок 7 – Волоконно-оптические системы мониторинга

Non-metallic MultiSense применяется с целью:

- мониторинга температуры;
- мониторинга акустического воздействия;
- мониторинга деформации;
- мониторинг протяженности объектов.

Преимущества данного способа:

- контроль сразу нескольких параметров;
- повышенная чувствительность к акустическим воздействиям;
- компактность – диаметр составляет 4,5 мм;
- легкость – вес кабеля составлен 20 кг на 1 км.

Также стоит отметить, что кабель выполнен в диэлектрическом исполнении.

Подробнее рассмотри решения, на которые направлен данный способ: безопасность и инфраструктуры нефтяных объектов.

Так как кабель обладает акустической чувствительностью, он реагирует на изменения внешней среды посредством ее вибрации. В качестве

примеров можно привести то, что кабель реагирует на удары немеханизированных инструментов о землю, а также работу спецтехники в радиусе воздействия.

Кабель подает сигнал на сервер, который включает в себя датчик акустических воздействий. Этот датчик выводит на экран результаты анализа и свою интерпретацию сигнала, полученного от датчиков кабеля.

В таблице 22 приведены конкретные показатели расстояний, на которых происходит реакция датчиков кабеля на изменения окружающей среды.

Таблица 22 – Распознавание датчиками различных объектов контроля

Объект контроля	Расстояние от кабеля, м
Перемещение человека	5-10
Использование немеханизированного инструмента	15-30
Движение автомобилей	50-60
Работа спецтехники	50-300

Результатами такой системы в области безопасности является охрана периметров объекта защиты, выражающаяся в контроле пересечения линии охраны, а также земельных работ.

Далее рассмотрим применение для трубопроводов.

На контрольных точках, например, пунктах сбора, будет размещена серверная. Задача серверной заключается в сборе данных о состоянии объекта мониторинга. Также в серверной находится автоматизированная система управления технологическим процессом.

Также, как в случаях применения датчиков скорости коррозии, на всей протяженности трубопровода устанавливаются блоки контроля для датчиков данных кабелей. Однако, стоит отметить, что в отличии от блока контроля датчиков скорости коррозии, радиус которых составляет всего 500 м, блоки

контроля для Non-metallic MultiSense устанавливаются с периодичностью в 200 км.

Результат способа для трубопроводов заключается в следующем:

- обнаружение утечек с точностью ± 10 м (минимальная обнаруживаемая утечка газа: 25 бар, 2 мм; минимальная обнаруживаемая утечка нефти/метанола/газоконденсата: 2 бар, 4 л/мин);
- сведение к минимуму простоя объектов контроля;
- уменьшение экологического ущерба;
- сокращение времени реагирования на нештатные ситуации;
- снижение трудоемкости и затрат на эксплуатацию.

Помимо описанного выше, данный кабель помогает определять координаты очистных и инспекционных снарядов, проводить мониторинг открытия/закрытия задвижек, мониторинг режимов работы, а также определять координаты заторов на шламопроводах.

Существует альтернативный вид кабеля, а именно DeepWire, являющийся усиленным грузонесущим каротажным кабель-датчиком, устойчивым к высоким температурам.

«Распределенный мониторинг нефтяных и газовых скважин применяется на всех этапах проведения работ: от геофизических исследований и сейсмомониторинга до консервации скважин. С помощью такого типа мониторинга также получают данные о состоянии рабочей скважины и разрабатывают мероприятия по повышению эффективности добычи.

Оптические и комбинированные кабели в таких системах используются для питания приборов и насосов, для спуска оборудования в скважину и в качестве непрерывного распределённого датчика» [6].

Данные кабели по месту добычи нефти и газа помогают проводить сейсморазведку, исследовать горные породы и оценивать перспективы месторождений.

К преимуществам применения датчиков можно отнести:

- перманентное размещение датчика;
- прогнозирование разреза ниже забоя скважины;
- изучение пространства вокруг скважины на расстояниях, соизмеримых с её глубиной.

Также повышается эффективность добычи «тяжелой» нефти за счет непрерывного контроля процесса паронагнетания, контроля температур флюида для регулирования подачи пара и увеличения нефтеотдачи продуктивных пластов.

Все это приводит к максимально возможному объему извлечения нефти, снижению затрат на парогенерацию и оптимальному суммарному паронефтяному коэффициенту.

Рассмотрим технические решения для принципа периодичности.

Как отмечалось в подразделе 2.1 раздела 2, данный принцип касается внедрения систем, контролирующих параметры окружающей среды, а также проведение проверки с целью выявления нарушений требования безопасности.

В качестве системы контроля параметров окружающей среды оптимальным вариантом будет установка стационарного экологического поста контроля атмосферы.

Данные экологические посты уже применяются в ряде подразделений НК «Роснефть», а именно: ОАО «Саратовский НПЗ», ЗАО «Рязанская нефтеперерабатывающая компания» и ОАО «Сызранский НПЗ». Также данные посты применяются в 5 подразделениях ПАО «Лукойл», в ПАО «Газпром» и на многих локальных предприятиях Российской Федерации.

На рисунке 8 представлена схема расположения основных элементов выбранной системы контроля.

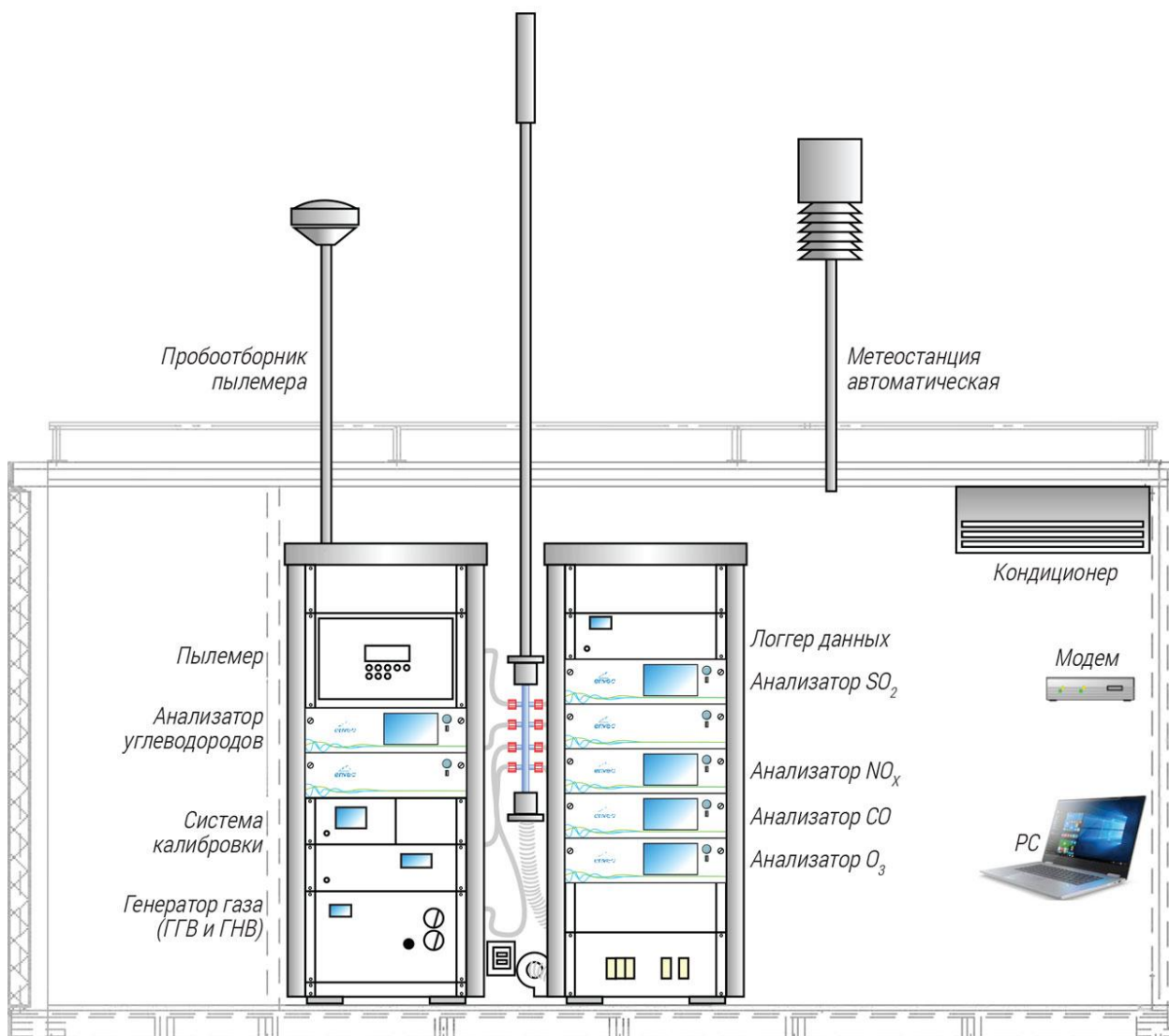


Рисунок 8 – Схема расположения и взаимодействия систем

Данная система контроля позволяет регистрировать уровень таких веществ, как:

- оксид углерода,
- диоксид углерода,
- диоксид серы,
- сероводород,
- диоксид азота,
- аммиак,
- метан,

- озон,
- формальдегид,
- оксид азота,
- взвешенные частицы.

Возможности данной системы заключаются в:

- информационно-аналитическом обеспечении охраны окружающей среды и экологической безопасности;
- совершенствовании системы государственного экологического мониторинга;
- прогнозировании чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- определении источников загрязнения и оценка их воздействия на окружающую среду;
- анализе экологической ситуации;
- проведении экологического аудита и экспертизы;
- расчете негативного воздействия на окружающую среду;
- автоматическом непрерывном контроле, фиксации и передаче сведений о состоянии качества воздуха.

Преимущества данных систем:

- наличие модульной системы подключения, что создает уникальное устройство под конкретную задачу, позволяя предприятию выбирать, какие параметры будут контролироваться системой, а от контроля каких параметров можно отказаться;
- широкий перечень компонентов воздушной среды, подвергающихся контролю (более 250);
- простая система интеграции в действующие информационные системы;
- возможность применения аналитики с помощью программного обеспечения, что приведет к: формированию статистики,

- формированию отчетности, управлению сценариями работ технологических процессов производства в автономном режиме;
- достаточно низка стоимость оборудования в сравнении с тем, какие суммы теряют предприятия в результате аварий (подробнее о суммах будет сказано в разделе 3);
 - данные экологические посты внесены в государственный реестр средства измерения Российской Федерации.

То есть фактически стационарный экологический пост позволяет визуализировать результаты измерений и предоставлять отчеты для дальнейшей обработки при этом ведя удаленный контроль параметров состояния собственных приборов и управляя их работой без необходимости нанимать отдельного специалиста для управления постом.

Вся информация будет предоставлять в наглядном виде на сервере в виде таблицы и графиков (диаграмм).

Данная информация будет не только помогать в определении текущих параметров, но и, как отмечено выше, помогать прогнозировать чрезвычайные ситуации. То есть можно сказать, что данная система, помимо принципа периодичности, захватывает и принцип безаварийного производства.

Стоит также отметить, что пост способен работать в температурном диапазоне от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$.

Дополнительно рассмотрим проблему проведения экспертизы промышленной безопасности. Данная проблема связана не только с тем, какой объем требований необходимо проверить, но также и довольно большим объемом документов, подлежащих проведению проверок.

В ряде случаев Ростехнадзор утверждает проверочные листы для проведения проверок требований безопасности, но зачастую экспертам приходится самостоятельно составлять проверочные листы.

И основное внимание стоит обратить на то, что документы Ростехнадзора, как правило, являются комплексными и содержат общие требования, что делает процесс составления проверочного листа трудоемким.

Рассмотрим требования, предъявляемые к техническом регламенту эксплуатации магистрального трубопровода, и составим проверочный лист для проведения экспертизы промышленной безопасности [11].

Чек-лист представлен в таблице 23.

Таблица 23 – Проверочный лист требований, предъявляемых к технологическому регламенту на эксплуатацию магистральных трубопроводов

№ п/п	Вопросы, отражающие содержание обязательных требований	Реквизиты нормативных правовых актов с указанием их структурных единицы, которыми установлены обязательные требования	Ответы на вопросы		
			Да (2 балла)	Нет (0 баллов)	Частично (1 балл)
1	2	3	4	5	6
1	Храниться ли технический регламент на ОПО в организации?	п. 92 Приказа Ростехнадзора от 11 декабря 2020 года N 517	-	-	-
2	Соответствует ли технический регламент актуальным требованиям законодательства Российской Федерации в области промышленной безопасности?	п. 88 Приказа Ростехнадзора от 11 декабря 2020 года N 517	-	-	-
3	Соответствует ли технический регламент требованиям законодательству Российской Федерации о техническом регулировании?	п. 88 Приказа Ростехнадзора от 11 декабря 2020 года N 517	-	-	-
4	Содержит ли технический регламент технические характеристики магистрального трубопровода?	п. 89 Приказа Ростехнадзора от 11 декабря 2020 года N 517	-	-	-

Продолжение таблицы 23

1	2	3	4	5	6
5	Содержит ли технический регламент характеристики оборудования площадочных объектов?	п. 89 Приказа Ростехнадзора от 11 декабря 2020 года N 517	-	-	-
6	Содержит ли технический регламент свойства перекачиваемых продуктов?	п. 89 Приказа Ростехнадзора от 11 декабря 2020 года N 517	-	-	-
7	Содержит ли технические регламент технологические режимы процесса транспортирования продуктов?	п. 89 Приказа Ростехнадзора от 11 декабря 2020 года N 517	-	-	-
8	Содержит ли технические регламент технологические схемы процесса транспортирования продуктов?	п. 89 Приказа Ростехнадзора от 11 декабря 2020 года N 517	-	-	-
9	Содержит ли технологический регламент порядок контроля за герметичностью трубопроводов?	п. 89 Приказа Ростехнадзора от 11 декабря 2020 года N 517	-	-	-
10	Содержит ли технологический регламент порядок обнаружения утечек?	п. 89 Приказа Ростехнадзора от 11 декабря 2020 года N 517	-	-	-
11	Содержит ли технологический регламент порядок контроля и управления технологическим процессом?	п. 89 Приказа Ростехнадзора от 11 декабря 2020 года N 517	-	-	-
12	Содержит ли технологический регламент порядок приема, сдачи и учета перекачиваемых продуктов?	п. 89 Приказа Ростехнадзора от 11 декабря 2020 года N 517	-	-	-

Продолжение таблицы 23

1	2	3	4	5	6
13	Содержит ли технологический регламент нормы расхода основных видов сырья, материалов и энергоресурсов?	п. 89 Приказа Ростехнадзора от 11 декабря 2020 года N 517	-	-	-
14	Содержит ли технологический регламент в графической части принципиальные и технологические схемы магистральных трубопроводов?	п. 89 Приказа Ростехнадзора от 11 декабря 2020 года N 517	-	-	-
15	Содержит ли технологический регламент в графической части принципиальные и технологические схемы площадочных объектов?	п. 89 Приказа Ростехнадзора от 11 декабря 2020 года N 517	-	-	-
16	Содержит ли технологический регламент в графической части сжатый продольный профиль линейной части магистрального трубопровода?	п. 89 Приказа Ростехнадзора от 11 декабря 2020 года N 517	-	-	-
17	Содержит ли технологический регламент перечень и характеристики наиболее опасных участков?	п. 89 Приказа Ростехнадзора от 11 декабря 2020 года N 517	-	-	-
18	Содержит ли технологический регламент паспортные характеристики технических устройств, применяемых на ОПО?	п. 89 Приказа Ростехнадзора от 11 декабря 2020 года N 517	-	-	-

Продолжение таблицы 23

1	2	3	4	5	6
19	Содержит ли технологические регламент перечень обязательных технологических и производственных инструкций, инструкций по охране труда с мерами по обеспечению безопасного ведения технологического процесса, технического обслуживания?	п. 89 Приказа Ростехнадзора от 11 декабря 2020 года N 517	-	-	-
20	Содержит ли технологический регламент план действий работников в аварийных ситуациях и при инцидентах?	п. 89 Приказа Ростехнадзора от 11 декабря 2020 года N 517	-	-	-
21	Содержит ли технологический регламент перечень мер по обеспечению информационной безопасности?	п. 89 Приказа Ростехнадзора от 11 декабря 2020 года N 517	-	-	-
22	Содержит ли технологический регламент перечень мер по обеспечению информационной безопасности?	п. 89 Приказа Ростехнадзора от 11 декабря 2020 года N 517	-	-	-
23	Разработаны ли в организации инструкции для каждого рабочего места в соответствии с технологическим регламентом?	п. 92 Приказа Ростехнадзора от 11 декабря 2020 года N 517	-	-	-
24	Являются ли инструкции, составленные на основании технологического регламента, актуальными (с момента пересмотра прошло не более 5 лет)?	п. 92 Приказа Ростехнадзора от 11 декабря 2020 года N 517	-	-	-

По результатам проведения проверки на основании чек-листа, представленного в таблице 23, эксперт делает вывод о соблюдении требований безопасности, предъявляемым к техническому регламенту на ОПО: для этого требуется исходить из суммы набранных баллов и составить пропорцию, зная, что сумма набранных баллов при полном соответствии будет составлять 48 баллов.

На текущий момент руководство ПАО «НК «Роснефть»» поставило перед собой ряд целей по обеспечению охраны окружающей среды.

В качестве одной из целей является снижение потребления «свежей» воды на 10% к 2030 году.

Данная цель относится к принципу рациональности. 23 марта 2023 года на официальном сайте ПАО «НК «Роснефть»» были опубликованы сведения о том, что нефтяная компания очищает до 99,8% сточных вод, полностью отказывается от их сброса 10 месяцев в году. Также при помощи системы поддержания пластового давления предприятию удастся сокращать потребление воды при нефтедобыче.

Также ПАО «НК «Роснефть»» использует оборотное водоснабжение, отправляя на повторное использование до 94% воды.

Данные показатели говорят о том, что на данный момент предприятие не нуждается в технических решениях, направленных на очистку сточных вод и контроль состава сточных вод.

Вывод по разделу 2:

В разделе были рассмотрены известные принципы обеспечения экологической безопасности, применимые к объектам нефтяной промышленности, а также рассмотрены технические решения по каждому из принципов.

Рассмотренный ряд технических устройств актуален для внедрения на нефтяном гиганте Российской Федерации, ПАО «НК «Роснефть»».

3 Опытнo-экспериментальная апробация предлагаемых решений по повышению экологической безопасности

3.1 Технология (программа) внедрения методов и средств повышения экологической безопасности при эксплуатации объекта. Результаты внедрения методов и средств повышения экологической безопасности при эксплуатации объекта

Внедрение новых технологий для субъектов ПАО «НК «Роснефть»» составляют основу экономического роста и развития всей компании в целом, то есть уровень технологического развития отдельных субъектов составляют развитие всего промышленного комплекса, в состав которого входит ПАО «НК «Роснефть»». Применение комплекса технических решений, описанных в разделе 2 обеспечивает:

- рост производительности труда;
- экономию средств, теряемых в результате простоев;
- качество управления технологическими процессами;
- контроль деятельности производства.

Внедрение нововведений составляют процесс по достижению целей политики всего предприятия ПАО «НК «Роснефть»».

Кроме этого, развитие одного промышленного гиганта Российской федерации запустить некую цепную реакцию, подталкивая другие крупные предприятия страны к инновациям в области промышленной безопасности и охраны окружающей среды в целом.

«Гибкость реагирования на перемены, разработка новых способов деятельности – ведущие условия конкурентоспособности современных предприятий» [8].

Для внедрения технических решений необходимо поставить перед собой ряд задач:

1. формирование научно-технических целей;

2. организация подборка технических решений;
3. анализ технических решений на предмет эффективности по энергозатратам и трудоемкости осуществления промышленной безопасности и охраны окружающей среды;
4. проведение исследовательских мероприятий по освоению технических решений;
5. оценка экономической эффективности технических решений.

То есть внедрение новых технических решений в деятельность существующих объектов нефтяной промышленности включает в себя проведение аналитической работы и информационного сбора, чтобы выявить проблемы аспекты и потребности объектов нефтяной промышленности во внедрении технических решений.

Это дает представление о слабостях всего комплекса. Как было выявлено в разделе 1, стоит обращать внимание на снижение аварийности с целью повышения, как промышленной безопасности, так и охраны окружающей среды.

Отрицательный эффект от аварий и инцидентов связан с антропогенной нагрузкой, которую оказывают субъекты промышленности в результате разливов и крупных выбросов.

Уже было отмечено, что основными причинами аварий являются: коррозионный дефекты и неудовлетворительный контроль за соблюдением требований промышленности безопасности. В связи с этим было решено рассмотреть в качестве технических решений в области промышленной безопасности и предотвращения аварий и инцидентов: датчики коррозии, многофункциональные кабельные датчики и проведение экспертизы промышленной безопасности на субъектах ПАО «НК «Роснефть»».

Для обеспечения повышения экологической безопасности было решено рассмотреть экологической пост контроля, описанные также в подразделе 2.2 раздела 2.

В качестве конкретного объекта внедрения технических решений, как отмечалось ранее, был выбран ООО «РН-Уватнефтегаз».

В разделе 2 было отмечено, что на субъектах ПАО «НК «Роснефть»» введено оборотное водоснабжение, а сливы сточных вод отсутствуют 10 месяцев в году. К сожалению, конкретных цифр по сточным водам предприятие не приводит.

Однако известна нагрузка на литосферу, выражающаяся в размещении отходов.

В качестве отходов производства можно выделить:

- шлам чистки емкостей;
- песок, загрязненный нефтью или нефтепродуктами (содержание нефтепродуктов менее 15%);
- обтирочный материал, загрязненный нефтью или нефтепродуктами (содержание нефтепродуктов менее 15%);
- бумажные шпули;
- обрезь деревьев;
- средства индивидуальной защиты;
- отходы минеральных масел промышленных;
- лом и отходы, содержащие прочие цветные металлы (Лом и отходы, содержащие цветные металлы);
- сальниковая набивка асбесто-графитовая промасленная (содержание масла менее 15%);
- тара из-под ЛКМ;
- отходы минеральных масел компрессорных.

Основная часть отходов производства относится к III классу опасности (умеренно опасные). Из вышеперечисленных отходов к размещаемым относятся: отходы минеральных масел промышленных, лом и отходы, содержащие прочие цветные металлы (Лом и отходы, содержащие цветные

металлы), отходы минеральных масел компрессорных. Остальные отходы подлежат захоронению.

Рассчитаем для ООО «РН-Уватнефтегаз» плату за размещения отходов на 2024 год.

$$P_{\text{отх}} = \sum_{i=1}^n (C_{i \text{ отх}} \cdot M_{i \text{ отх}}), \#(1)$$

где i – вид отхода ($i = 1, 2, 3, \dots, n$);

$C_{i \text{ отх}}$ – ставка платы за размещение 1 тонны i -го отхода в пределах установленных лимитов (руб.);

$M_{i \text{ отх}}$ – фактическое размещение i -го отхода (т, куб. м.)

$$P_{\text{отх}} = 221,57 \times 1327 + 800,002 \times 1327 + 406,999 \times 1327$$

$$P_{\text{отх}} = 1\,895\,713,72 \text{ руб.}$$

В подразделе 2.2 раздела 2 была отмечена эффективность датчик скорости коррозии и многофункциональных кабельных датчиков, а также их преимущества.

В подразделе 3.2 настоящего раздела проведем расчет эффективности данных мероприятий, чтобы определить, какое из них будет более выгодно с экономической точки зрения.

3.2 Анализ и оценка эффективности внедрения предлагаемых методов и средств повышения экологической безопасности при эксплуатации объекта

На основании рассмотренных в подразделе 2.2 раздела 2 мероприятий и методологий необходимо составить план мероприятий по обеспечению

промышленной безопасности и предотвращению аварий и инцидентов, а также план мероприятий по обеспечению экологической безопасности.

Для того, что составить план мероприятий по обеспечению промышленной безопасности и предотвращению аварий и инцидентов, необходимо сравнить выбранные в подразделе 3.1 настоящего раздела технические устройства, направленные на борьбу с коррозионными дефектами.

На основании заданных параметров проведем расчет экономической эффективности мероприятия по обеспечению промышленной безопасности и предотвращению аварий и инцидентов. За основу для расчета был взят инцидент от 12 августа 2021 года, произошедший на ООО «РН-Уватнефтегаз».

Таблица 24 – Данные для расчета показателей ущерба от аварии на опасном производственном объекте

Наименование показателя	Усл. обознач.	Ед измер.	Значения показателя
1	2	3	4
Остаточная стоимость уничтоженных основных фондов	Soi	руб.	962 500
Утилизационная стоимость материальных ценностей	Syi	руб.	0
Стоимость ремонта и восстановления поврежденных основных фондов	Spі	руб.	29 500
Ущерб, причиненный продукции предприятия	Пті	руб.	20 125 877
Ущерб, причиненный сырью и материалам	Псj	руб.	4 825 673,96
Расходы, связанные с локализацией и ликвидацией последствий аварии	Пл	руб.	0
Расходы на расследование аварии	Пр	руб.	7 500
Расходы по выплате пособий на погребение погибших	Спог	руб.	0
Расходы на выплату пособий в случае смерти кормильца	Сп.к.	руб.	0
Расходы на выплату пособий по временной нетрудоспособности	Св	руб.	0
Заработная плата сотрудников предприятия	Вз.п.	руб./день	1 566,67

Доля сотрудников, не использованных на работе	A	-	37
Условно-постоянные расходы	Vy.п.	руб./день	1 200
Продолжительность простоя объекта	Tпр	дни	21
объем i-го вида продукции, недопроизведенный из-за аварии	ΔQi	-	0
средняя оптовая стоимость единицы i-го недопроизведенного продукта на дату аварии	Si	руб.	0
средняя себестоимость единицы i-го недопроизведенного продукта на дату аварии	Bi	руб.	0
Ущерб от загрязнения атмосферы	Эа	руб.	0
Ущерб от загрязнения водных ресурсов	Эв	руб.	0
Ущерб от загрязнения почвы	Эп	руб.	41 850 000

Для того, чтобы рассчитать ущерб от аварий на опасных производственных объектах, необходимо произвести расчеты следующих показателей:

- прямые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект;
- социально-экономические потери;
- косвенный ущерб;
- экологический ущерб;
- затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварии;
- потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потери ими трудоспособности.

Рассчитаем прямые потери от аварий. Для него необходимо знать потери предприятия в результате уничтожения или повреждения основных фондов и потери предприятия в результате уничтожения или повреждения товарно-материальных ценностей.

Потери предприятия от уничтожения или повреждения аварией его основных фондов [26]:

$$\Pi_{\text{о.ф.}} = \Pi_{\text{о.ф.у.}} + \Pi_{\text{о.ф.п.}}, \#(2)$$

где $\Pi_{\text{о.ф.у.}}$ – потери предприятия в результате уничтожения основных фондов, руб.;

$\Pi_{\text{о.ф.п.}}$ – потери предприятия в результате повреждения основных фондов, руб.

Потери предприятия в результате уничтожения основных фондов [26]:

$$\Pi_{\text{о.ф.у.}} = \sum_{i=1}^n (S_{oi} - (S_{mi} - S_{yi})), \#(3)$$

где n – число видов уничтоженных основных фондов;

S_{oi} – стоимость замещения или воспроизводства i -го вида уничтоженных основных фондов, руб.;

S_{mi} – стоимость материальных ценностей i -го вида, годных для дальнейшего использования, руб.;

S_{yi} – утилизационная стоимость i -го вида уничтоженных основных фондов, руб.

Потери предприятия в результате повреждения основных фондов [26]:

$$\Pi_{\text{о.ф.п.}} = \sum_{i=1}^n S_{pi}, \#(4)$$

где n – число видов поврежденных основных фондов;

S_{pi} – стоимость ремонта i -го вида поврежденных основных фондов, руб.

Отсюда имеем [26]:

$$\Pi_{\text{о.ф.}} = (S_{oi} - (S_{mi} - S_{yi})) + n \times S_{pi}, \#(5)$$

$$P_{o.f.} = (962\,500 - (0 - 0)) + 1 \times 29500 = 992\,000 \text{ руб.}$$

Потери предприятия в результате уничтожения или повреждения аварией товарно-материальных ценностей [26]:

$$P_{т.м.ц.} = \sum_{i=1}^n P_{ti} + \sum_{j=1}^m P_{cj}, \#(6)$$

где n – число видов товара, которым причинен ущерб в результате аварии;

P_{ti} – ущерб, причиненный i -му виду продукции, изготовляемой предприятием, руб.;

m – число видов сырья, которым причинен ущерб в результате аварии;

P_{cj} – ущерб, причиненный j -му виду продукции, приобретенной предприятием, а также сырью и полуфабрикатам, руб.

$$P_{т.м.ц.} = 20\,125\,877 + 4\,825\,673,96 = 24\,951\,550,96 \text{ руб.}$$

Тогда прямые потери от аварий [26]:

$$P_{п.п.} = P_{o.f.} + P_{т.м.ц.}, \#(7)$$

$$P_{п.п.} = 992\,000 + 24\,951\,550,96 = 25\,943\,550,96 \text{ руб.}$$

Социально-экономические потери [26]:

$$P_{сэ} = S_{пог} + S_{п.к.} + S_{в}, \#(8)$$

где $P_{г.п.}$ – расходы на компенсации и мероприятия вследствие гибели персонала, руб.;

$P_{т.п.}$ – расходы на компенсации и мероприятия вследствие производственного травматизма персонала, руб.

В следствии рассматриваемой аварии не было выявлено случаев производственного травматизма, поэтому принимаем:

$$П_{сэ} = 0 \text{ руб.}$$

Косвенный ущерб вследствие аварий [26]:

$$П_{н.в.} = П_{н.п.} + П_{з.п.} + П_{ш} + П_{н.п.т.л.}, \#(9)$$

где $П_{н.п.}$ – часть доходов, недополученных предприятием в результате простоя, руб.;

$П_{з.п.}$ – зарплата и условно-постоянные расходы предприятия за время простоя, руб.;

$П_{ш}$ – убытки, вызванные уплатой различных неустоек, штрафов, пеней, руб.;

$П_{н.п.т.л.}$ – убытки третьих лиц из-за недополученной ими прибыли, руб.

Зарплата и условно-постоянные расходы предприятия за время простоя [26]:

$$П_{з.п.} = (V_{з.п.} \cdot A + V_{уп}) \cdot T_{пр}, \#(10)$$

где $V_{з.п.}$ – заработная плата сотрудников предприятия, руб/день;

A – доля сотрудников, не использованных на работе;

$V_{уп}$ – условно-постоянные расходы, руб/день;

$T_{пр}$ – продолжительность простоя объекта, дни.

Недополученная прибыль в результате простоя [26]:

$$П_{н.п.} = \sum_{i=0}^n \Delta Q_i \cdot (S_i - B_i), \#(11)$$

где n – количество видов недопроизведенного продукта (услуги);

ΔQ_i – объем i -го вида продукции, недопроизведенный из-за аварии;
 S_i – средняя оптовая стоимость единицы i -го недопроизведенного продукта на дату аварии, руб.;

B_i – средняя себестоимость единицы i -го недопроизведенного продукта на дату аварии.

Отсюда принимаем [26]:

$$П_{н.в.} = \sum_{i=0}^n \Delta Q_i \cdot (S_i - B_i) + (V_{з.п.} \cdot A + V_{yp}) \cdot T_{пр}, \#(12)$$

$$П_{н.в.} = 0 + (1\,556,67 \times 37 + 1\,200) \times 21 = 1\,234\,732,59 \text{ руб.}$$

Экологический ущерб [26]:

$$П_{экол} = Э_a + Э_v + Э_п + Э_б + Э_o, \#(13)$$

где $Э_a$ – ущерб от загрязнения атмосферы, руб.;

$Э_v$ – ущерб от загрязнения водных ресурсов;

$Э_п$ – ущерб от загрязнения почвы;

$Э_б$ – ущерб, связанный с уничтожением биологических, в том числе лесных массивов, ресурсов;

$Э_o$ – ущерб от засорения или повреждения территории обломками, осколками зданий, сооружений, оборудования.

Так как в результате рассматриваемой аварии был понесен ущерб только от загрязнения почвы, принимаем:

$$П_{экол} = 41\,850\,000 \text{ руб.}$$

Затраты на локализацию или ликвидацию и расследование аварии [26]:

$$P_{л.а.} = P_{л} + P_{р}, \#(14)$$

где $P_{л}$ – расходы, связанные с локализацией и ликвидацией последствий аварии, руб.;

$P_{р}$ – расходы на расследование аварии, руб.

Отсюда [26]:

$$P_{л.а.} = 0 + 7\,500 = 7\,500 \text{ руб.}$$

Потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потери ими трудоспособности принимаем равными 0.

Тогда ущерб от аварий на опасных производственных объектах [26]:

$$P_a = P_{п.п.} + P_{сэ} + P_{н.в.} + P_{экол} + P_{л.а.} + P_{в.т.р.}, \#(15)$$

где P_a – полный ущерб от аварий, руб.;

$P_{п.п.}$ – прямые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, руб.;

$P_{сэ}$ – социально-экономические потери, руб.;

$P_{н.в.}$ – косвенный ущерб, руб.;

$P_{экол}$ – экологический ущерб, руб.;

$P_{л.а.}$ – затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварии, руб.;

$P_{в.т.р.}$ – потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потери ими трудоспособности, руб.

$$P_a = 25\,943\,550,96 + 1\,234\,732,59 + 41\,850\,000 + 7500$$

$$P_a = 69\,035\,783,52 \text{ руб.}$$

В таблице 25 представлены наглядные результаты расчетов.

Таблица 25 – Сводная форма оценки ущерба от аварии на опасном производственном объекте

Вид ущерба	Сумма, руб.
1	2
Прямой ущерб	25 943 550,96
Потери предприятия в результате уничтожения основных фондов	962 500
Потери предприятия в результате повреждения основных фондов	29 500
Потери предприятия в результате уничтожения или повреждения аварией товарно-материальных ценностей	992 000
Социально-экономические потери	0
Затраты, связанные с гибелью персонала	0
Затраты, связанные с травмированием персонала	0
Косвенный ущерб вследствие аварий	1 234 732,59
Часть доходов, недополученных предприятием в результате простоя	0
Зарплата и условно-постоянные расходы предприятия за время простоя	1 234 732,59
Недополученная прибыль в результате простоя	0
Экологический ущерб	41 850 000
Затраты на локализацию или ликвидацию и расследование аварии	7 500
Ущерб от аварии, всего	69 035 783,52

Рассчитаем экономическую эффективность от внедрения датчика скорости коррозии.

Годовой экономический эффект от проведения мероприятий по обеспечению промышленной безопасности [26]:

$$\mathcal{E} = \Pi - \mathcal{Z}, \#(16)$$

где \mathcal{Z} – величина приведенных затрат на проведение мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.;

Π – ущерб от аварий на опасных производственных объектах, руб.

Приведенные затраты [26]:

$$З = С + E_n \cdot K, \#(17)$$

где С – текущие расходы на эксплуатацию сооружения, устройства оборудования, руб.;

E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений;

К – инвестиции на реализацию мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.

$$З = 8\,440\,000 + 0,15 \times 56\,112\,000 = 16\,856\,800 \text{ руб.}$$

Тогда:

$$\mathcal{E} = 69\,035\,783,52 - 16\,856\,800 = 52\,178\,983,5 \text{ руб.}$$

Общая (абсолютная) экономическая эффективность приведенных затрат [26]:

$$\mathcal{E}_з = \mathcal{E} - З, \#(18)$$

$$\mathcal{E}_з = \frac{52\,178\,983,5}{16\,856\,800} = 3,095$$

Общая (абсолютная) экономическая эффективность инвестиций на реализацию мероприятий по обеспечению промышленной безопасности [26]:

$$\mathcal{E}_к = (\mathcal{E} - С) - К, \#(19)$$

$$\mathcal{E}_к = \frac{52\,178\,983,5 - 8\,440\,000}{56\,112\,000} = 0,779$$

Срок окупаемости затрат на проведение мероприятий по обеспечению промышленной безопасности [26]:

$$T_{\text{ед}} = \frac{3}{\mathcal{E}}, \#(20)$$

$$T_{\text{ед}} = \frac{16\,856\,800}{52\,178\,983,5} = 0,323 \text{ лет}$$

Итоговый срок окупаемость на внедрение датчиков скорости коррозии составит 0,323 года, что эквивалентно 118 дням.

Рассчитаем экономическую эффективность от внедрения многофункционального кабельного датчика.

Приведенные затраты:

$$З = 8\,840\,000 + 0,15 \times 7\,682\,000 = 9\,992\,300 \text{ руб.}$$

Тогда годовой экономический эффект от проведения мероприятий по обеспечению промышленной безопасности составит:

$$\mathcal{E} = 69\,035\,783,52 - 9\,992\,300 = 59\,043\,483,5 \text{ руб.}$$

Общая (абсолютная) экономическая эффективность приведенных затрат:

$$\mathcal{E}_z = \frac{59\,043\,483,5}{9\,992\,300} = 5,909$$

Общая (абсолютная) экономическая эффективность инвестиций на реализацию мероприятий по обеспечению промышленной безопасности:

$$\mathcal{E}_k = \frac{59\,043\,483,5 - 8\,440\,000}{7\,682\,000} = 6,587$$

Срок окупаемости затрат на проведение мероприятий по обеспечению промышленной безопасности:

$$T_{\text{ед}} = \frac{9\,992\,300}{59\,043\,483,5} = 0,169 \text{ лет}$$

Итоговый срок окупаемости на внедрение многофункциональных кабельных датчиков составит 0,169 года, что эквивалентно 62 дням.

Сравнение внедрения двух выбранных устройств показывает, что внедрение многофункциональных кабельных датчиков более выгодно с точки зрения экономического эффекта. Также стоит отметить, что один пункт контроля в случаях с внедрением датчиков скорости коррозии контролирует участок трубопровода равный 1 км, а один пункт контроля многофункциональных кабельных датчиков рассчитан на участок трубопровода длиной 200 км.

Проведем расчеты размера платы за проведение услуги по экспертизе промышленной безопасности.

Стоимость организации и проведения одной экспертизы определяется по формуле:

$$C = (P_{\text{пр}} + P_{\text{н}}) \times 1 + (\text{НДС})/100, \#(21)$$

где $P_{\text{пр}}$ – прямые расходы, рублей;

$P_{\text{н}}$ – накладные расходы, рублей;

НДС – налог на добавленную стоимость, %

Прямые расходы на организацию и проведение одной экспертизы рассчитываются по формуле:

$$P_{\text{пр}} = P_{\text{э}} + H_{\text{э}} + M_{\text{з}} + A + P_{\text{с}}, \#(22)$$

где $P_{\text{э}}$ – расходы на оплату труда за расчетный период, рублей;

$H_{\text{э}}$ – начисления на оплату труда, рублей;

$M_{\text{з}}$ – затраты на материальные и другие ресурсы, потребляемые в процессе организации и проведения одной экспертизы, рублей;

A – амортизация основных средств, используемых в процессе организации и проведения одной экспертизы, рублей;

$P_{\text{с}}$ – расходы на услуги всех видов связи, потребляемых в процессе организации и проведения одной экспертизы, рублей

Расходы на оплату труда за расчетный период определяются по формуле:

$$P_{\text{э}} = \sum_1^n TЗ_i \cdot \Phi_i + \sum_1^j TЗ_{\text{нтп}} \cdot \Phi_{\text{нтп}} + \sum_1^n TЗ_{\text{зас } i} \cdot \Phi_{\text{зас } i}, \#(23)$$

где $TЗ_i$ – стоимость трудозатрат 1 чел/час членов экспертной комиссии с учетом всех компенсационных и стимулирующих выплат, выплачиваемых в соответствии с законодательством Российской Федерации, рублей;

$TЗ_{\text{нтп}}$ – стоимость трудозатрат 1 чел/час научно-технического персонала с учетом всех компенсационных и стимулирующих выплат, выплачиваемых в соответствии с законодательством Российской Федерации, рублей;

$TЗ_{\text{зас } i}$ – стоимость трудозатрат 1 чел/час в процессе заседания экспертной комиссии с учетом всех компенсационных и стимулирующих выплат, выплачиваемых в соответствии с законодательством Российской Федерации, рублей;

n – количество членов экспертной комиссии, чел.;

i – категория члена экспертной комиссии;

j – количество научно-технического персонала, привлекаемого для процесса организации и проведения одной экспертизы, чел.;

Φ_i – продолжительность проведения одной экспертизы членом экспертной комиссии, час;

$\Phi_{\text{нтп}}$ – продолжительность проведения одной экспертизы научно-техническим персоналом, час;

$\Phi_{\text{засі}}$ – продолжительность заседания экспертной комиссии, распределяется пропорционально между всеми членами комиссии, час.

$$P_3 = (319,02 \times 10 + 265,85 \times 0,2 + 3 \times 398,78 \times 275) + 451,95 \times 10 + 5 \times 265,85 \times 1 = 338\,085,62 \text{ руб.}$$

Начисления на оплату труда устанавливаются в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации, включая тарифы на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Начисления на оплату труда:

$$H_3 = P_3 \cdot t, \#(24)$$

где t – тариф начислений на оплату труда, %

$$H_3 = 338\,085,62 \times 30\% = 101\,425,686 \text{ руб.}$$

Затраты на материальные и другие ресурсы определяются по формуле:

$$M_3 = \sum_1^k P_i \cdot Ц_i, \#(25)$$

где P_i – расход i -го ресурса, используемого при организации и проведении одной экспертизы, в натуральных единицах измерения;

$Ц_i$ – цена за единицу i -го ресурса, используемого при организации и проведении одной экспертизы, рублей;

k – количество видов ресурсов, потребляемых в процессе организации и проведения одной экспертизы

$$M_3 = 1 \times (500 + 2\,500) = 3\,000 \text{ руб.}$$

Годовая сумма амортизации основных средств по каждому виду основных средств определяется по формуле:

$$A_r = BC \cdot \frac{H_a}{100}, \#(26)$$

где A_r – годовая амортизация основных средств, рублей;

BC – балансовая стоимость основных средств, рублей;

H_a – норматив амортизационных отчислений, установленный в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации, процент

$$A_r = 10000 \times \frac{7}{100} = 700 \text{ руб.}$$

Объем амортизации основных средств, относимых к прямым расходам на организацию и проведение одной экспертизы, рассчитывается по формуле:

$$A = \sum_1^j \left(\frac{A_r}{8760} \right) \cdot \Delta\Phi, \#(27)$$

где j – количество видов основных средств, используемых в процессе организации и проведения одной экспертизы;

8760 – количество часов в году;

$\Delta\Phi$ – продолжительность проведения одной экспертизы, час.

Продолжительность проведения одной экспертизы:

$$\Delta\Phi = \Phi_i + \Phi_{\text{нтп}} + \Phi_{\text{зас } i}, \#(28)$$

$$\Delta\Phi = 275 + 10 + 1 = 286 \text{ час.}$$

$$A = \frac{700}{8760} \times 286 = 22,854 \text{ руб.}$$

Расходы на услуги всех видов связи рассчитываются по формуле:

$$P_c = \sum_1^i P_i \cdot Ц_i, \#(29)$$

где P_i – объем i -го вида услуг связи, потребляемого в процессе организации и проведения одной экспертизы, в натуральных единицах измерения;

$Ц_i$ – цена за единицу i -го вида услуг связи, используемого в процессе организации и проведения одной экспертизы, рублей.

$$P_c = 60 \times 1,95 + 60 \times 2 + 1 \times 450 = 687 \text{ руб.}$$

Тогда:

$$P_{\text{пр}} = 338\,085,62 + 101\,425,686 + 3\,000 + 22,854 + 687$$

$$P_{\text{пр}} = 443\,221,16 \text{ руб.}$$

Отсюда:

$$C = 443\,221,16 \times \left(1 + \frac{20}{100}\right) = 531\,865,392 \text{ руб.}$$

Проведем расчет экономической эффективности для проведения экспертизы безопасности.

Приведенные затраты:

$$З = 8\,440\,000 + 0,15 \times 531\,865,392 = 8\,519\,779,81 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект от проведения мероприятий по обеспечению промышленной безопасности:

$$\mathcal{E} = 69\,035\,783,52 - 8\,519\,779,81 = 60\,516\,003,8 \text{ руб.}$$

Общая (абсолютная) экономическая эффективность приведенных затрат:

$$\mathcal{E}_з = \frac{60\,516\,003,8}{8\,519\,779,81} = 7,103$$

Общая (абсолютная) экономическая эффективность инвестиций на реализацию мероприятий по обеспечению промышленной безопасности:

$$\mathcal{E}_к = \frac{60\,516\,003,8 - 8\,440\,000}{531\,865,392} = 97,912$$

Срок окупаемости затрат на проведение мероприятий по обеспечению промышленной безопасности:

$$T_{ед} = \frac{8\,519\,779,81}{60\,516\,003,8} = 0,141 \text{ лет}$$

Итоговый срок окупаемость на проведение экспертизы безопасности составит 0,141 года, что эквивалентно 52 дням.

На основании полученных данных составим план мероприятий по обеспечению промышленной безопасности и предотвращению аварий и инцидентов. План мероприятий представлен в таблице 26.

Таблица 26 – План мероприятий по обеспечению промышленной безопасности и предотвращению аварий и инцидентов

Наименование объекта мероприятия	Наименование мероприятия	Цель мероприятия	Стоимость мероприятия
1	2	3	4
Межпромысловый трубопровод	Внедрение многофункциональных кабельных датчиков	Предотвращение разливов нефти и нефтепродуктов в результате коррозии трубопроводов	7 682 000 руб.
Межпромысловый трубопровод	Проведение экспертизы промышленной безопасности	Выявление нарушений по требованиям промышленной	531 865,392 руб.

Так как одной системы контроля параметров окружающей среды недостаточно для обеспечения защиты атмосферы от выбросов производства, в качестве мероприятий выбран комплекс, который также включает в себя: противоаэрозольный фильтр, электростатический блок, плазменный модуль и каталитический модуль.

План мероприятий по обеспечению экологической безопасности представлен в таблице 27.

Таблица 27 – План мероприятий по обеспечению экологической безопасности

Наименование мероприятия	Цель мероприятия	Стоимость мероприятия
1	2	3
Установка стационарного экологического поста контроля атмосферы	Контроль выбросов вредных веществ в атмосферу	549 000 руб.

Продолжение таблицы 27

1	2	3
Комплексный газоконвертер	Очистка воздуха от органических и неорганических газов, а также патогенной микрофлоры	2 415 000 руб.

Как было отмечено выше, мероприятия по обеспечению экологической безопасности будут внедряться в совокупности, поэтому проведем расчеты с учетом суммы затрат на оба мероприятия, представленные в таблице 27.

Величина предотвращенного экономического ущерба от загрязнения среды [26]:

$$\Pi = Y_1 - Y_2, \#(30)$$

где Π – величина предотвращенного годового экономического ущерба от загрязнения среды;

Y_1 – ущерб от загрязнения окружающей среды до проведения мероприятий;

Y_2 – ущерб от загрязнения окружающей среды после проведения мероприятий

$$\Pi = 11\,679\,314 - 4\,671\,725,6 = 7\,007\,588,4 \text{ руб.}$$

Приведенные затраты:

$$З = 2\,629\,862,2 + 0,15 \times 2\,964\,000 = 3\,074\,462,2 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект от проведения природоохранных мероприятий, способствующих снижению загрязнения природной среды в районе источника:

$$\mathcal{E} = 7\,007\,588,4 - 3\,074\,462,2 = 3\,933\,126,2 \text{ руб.}$$

Общая (абсолютная) экономическая эффективность средозащитных затрат:

$$\mathcal{E}_3 = \frac{3\,933\,126,2}{3\,074\,462,2} = 1,279$$

Общая (абсолютная) экономическая эффективность инвестиций в природоохранные мероприятия:

$$\mathcal{E}_к = \frac{3\,933\,126,2 - 2\,629\,862,2}{2\,964\,000} = 0,44$$

Срок окупаемости затрат на проведение мероприятий:

$$T_{ед} = \frac{3\,074\,462,2}{3\,933\,126,2} = 0,782 \text{ года}$$

Итоговый срок окупаемости на внедрение к применению комплекса по контролю и очистке воздуха составит 0,782 года, что эквивалентно 286 дню.

Выводы по разделу 3:

Таким образом, был рассмотрен ряд мероприятий, актуальных к применению на ООО «РН-Уватнефтегаз», а также посчитана их экономическая эффективность.

Заключение

В данной работе был рассмотрен вопрос обеспечения экологической безопасности нефтяной промышленности.

В качестве конкретного объекта исследования, для которого на текущий момент вопрос является актуальным, был выбран нефтяной гигант Российской Федерации, а именно ПАО «НК «Роснефть»». В качестве объекта внедрения планов мероприятий по обеспечению промышленной и по обеспечению экологической безопасности было выбрано Тюменское подразделение ПАО «НК «Роснефть»» – ООО «РН-Уватнефтегаз».

Цель работы заключалась в анализе экологической обстановки на объектах нефтяной отрасли и предложении методов для повышения экологической безопасности.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. проанализировать статистику из открытых источников, а именно статистику по антропогенной нагрузке, представленную на сайтах Росстата и Росприроднадзора;
2. провести аналитический обзор современных технических решений и методов в области экологической безопасности по разным направлениям;
3. отразить технико-экономическое обоснование выбранных методов обеспечения экологической безопасности;
4. определить наиболее эффективный метод обеспечения экологической безопасности.

Первая задача была решена в первой разделе, посвященном анализу инцидентов, а также антропогенной нагрузке, являющейся следствием эксплуатации объектов нефтяной промышленности.

В результате анализа данных по аварийным ситуациям, а также анализу антропогенной нагрузки, удалось выявить наиболее проблемные зоны обеспечения экологической безопасности в нефтяной промышленности.

В качестве основных причин аварий на объектах нефтяной промышленности, определенных посредством анализа аварий и инцидентов, были выявлены:

- коррозионные дефекты;
- неудовлетворительный производственный контроль.

Также была отмечена проблема выбросов вредных веществ в атмосферу, основную часть которых составляет углекислый газ, однако современные технологии не позволяют производить очистку воздуха от парниковых газов с должной эффективностью, снижая их выбросы лишь на 40%, а также данные технологии являются достаточно дорогостоящими, в связи с чем пришлось отказаться от рассмотрения данных технологий.

Анализ сливов сточных вод по объектам нефтяной промышленности показал, что чаще всего в них содержатся сульфаты и хлориды.

Здесь также было определено, что на предприятиях, принадлежащих ПАО «НК «Роснефть»» введена система оборотного водоснабжения и уже введены эффективные способы снижения содержания вредных веществ в составе сточных вод.

Вторая задача, поставленная для достижения основной цели исследования, была решена во втором разделе.

Второй раздел содержит в себе анализ существующих принципов, направленных на обеспечение экологической безопасности. Исходя из указанных принципов были отобраны те, что наиболее актуальны к внедрению для выбранного объекта исследования. По отобранным принципам был проведен анализ существующих технических решений. В частности, затрагивался опыт применения различных технических решений смежными крупными предприятиями, такими, как ПАО «Газпром» и ПАО «Лукойл».

Из рассмотренных технических устройств были выбраны те, что показали наибольшую эффективность по трудоемкости процесса, а также по снижению влияния объектов нефтяной отрасли на окружающую среду.

Третья и четвертая задачи были отражены в третьем разделе данного исследования.

Третий раздел был посвящен вопросу о методах внедрения инновационных решений в области техносферной безопасности, актуальных для объекта исследования и рассмотренных во втором разделе.

Для отобранных мероприятий был проведен расчет экономической эффективности.

Два из отобранных технических решения, а именно датчик скорости коррозии и многофункциональный кабель с датчиками, направленные на борьбу с коррозией с целью снижения аварийности, подверглись сравнительному анализу, который показал, что применение многофункциональных кабелей с датчиками более эффективно с точки зрения экономии средств.

Итогом работы стали планы мероприятий по обеспечению промышленной безопасности и мероприятий по обеспечению экологической безопасности.

В число отобранных рекомендаций к внедрению для ООО «РН-Уватнефтегаз» вошли:

- внедрение многофункционального кабеля с датчиками;
- проведение экспертизы промышленной безопасности;
- внедрение комплекса для обеспечения экологической безопасности, включающего в себя: пост экологического контроля выбросов вредных веществ и современного газоконвертера.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Аксенов В. И., Галкин Ю. А., Заслоновский В. Н., Ничкова И. И. Промышленное водоснабжение: учебное пособие : УрФУ, 2010. 221 с.
2. Атлас будущих профессий [Электронный ресурс] : URL: <https://atlas100.ru/catalog/> (дата обращения 25.11.2022).
3. Барабанщиков Д. А., Сердюкова А. Ф. Экологические проблемы нефтяной промышленности России // Молодой ученый. 2016. № 26. С. 727-731. URL: <https://moluch.ru/archive/130/35975/> (дата обращения: 09.05.2023).
4. Бринкман Э. Физические проблемы экологии : учебное пособие ; Долгопрудный : Интеллект, 2012. — 287 с.
5. Грицевич И. Г. Перспективы и сценарии низкоуглеродного развития: ЕС, Китай и США в глобальном контексте [Электронный ресурс] ; — Москва, Всемирный фонд дикой природы (WWF) : Скорость цвета, 2011. — 36 с. — URL: <http://www.wwf.ru/resources/publ/book/516> (дата обращения: 22.11.2022)
6. Жужгов Ю.В., Калач Е.В. Совершенствование методов мониторинга объектов нефтегазового комплекса // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018. №9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-metodov-monitoringa-obektov-neftegazovogo-kompleksa> (дата обращения: 02.12.2022).
7. Ильина Т.Н., Бельмаз Д.Н. Анализ и способы утилизации вторичных энергоресурсов нефтеперерабатывающего предприятия // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2014. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-i-sposoby-utilizatsii-vtorichnyh-energoresursov-neftepererabatyvayuschego-predpriyatiya> (дата обращения: 02.12.2022).
8. Краснослободцева А. Е. Проблемы процесса управления в техносферной безопасности // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. №1-3. [Электронный ресурс] : URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-protssessa-upravleniya-v-tehnosfernoy-bezopasnosti> (дата обращения: 23.03.2023).

9. Лесной кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 28.04.2023). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ (дата обращения: от 22.11.2022).

10. Об организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 18.12.2020 № 2168. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372136/ (дата обращения: 22.04.2023)

11. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности для опасных производственных объектов магистральных трубопроводов» [Электронный ресурс] : Приказ Федеральной службы по экологическому технологическому и атомному надзору от 11 декабря 2020 года № 517. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372503/ (дата обращения: 14.01.2023).

12. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/ (дата обращения: 22.04.2012).

13. ПАО «НК «Роснефть»» [Электронный ресурс] : Роснефть. URL: <https://www.rosneft.ru/> (дата обращения: 12.12.2022).

14. Пичугин Е.А., Черепанов М.В. Экологическое страхование как механизм снижения экологического риска // Экология урбанизированных территорий. 2020. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskoe-strahovanie-kak-mehanizm-snizheniya-ekologicheskogo-riska> (дата обращения: 09.05.2023).

15. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс] : Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Заглавная_страница (дата обращения 20.04.2023).

16. Сухоцкий А. Б. Вторичные энергетические ресурсы : учеб.-метод. пособие для студентов учреждений высшего образования ; – Минск : БГТУ, 2014. – 174 с.

17. Теплых А. А. Основные направления снижения расходов и себестоимости оборотной воды НПЗ // Наука и образование сегодня. 2017. №1 (12). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-napravleniya-snizheniya-rashodov-i-sebestoimosti-oborotnoy-vody-npz> (дата обращения: 09.12.2022).

18. Тищенко В. П. Дисперсные системы и загрязнение атмосферы и гидросферы : монография ; Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2017. - 204 с.

19. Факторы экологической опасности и экологические риски. Издательство: МП «ИКЦ БНТВ», 2010 г., г. Бронницы, - 193 с.

20. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] : Росстат. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 05.05.2023).

21. Федеральная служба по интеллектуальной собственности [Электронный ресурс] : Роспатент. URL: <https://rospatent.gov.ru/ru> (дата обращения 05.05.2023).

22. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования [Электронный ресурс] : Росприроднадзор. URL: <https://rpn.gov.ru/> (дата обращения: 05.05.2023).

23. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору [Электронный ресурс] : Ростехнадзор. URL: <https://www.gosnadzor.ru/> (дата обращения 05.05.2023).

24. Федеральный институт промышленной собственности [Электронный ресурс] : ФИПС. URL: <https://www1.fips.ru/> (дата обращения 05.05.2023).

25. Филимонова В. А., Харчевникова Е. О. Защита металлов от коррозии // Вологдинские чтения. 2009. №76. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/zaschita-metallov-ot-korrozii> (дата обращения: 25.11.2022).

26. Фрезе Т. Ю. Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности. Выполнение раздела выпускной квалификационной работы по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность»: электронное учебно-методическое пособие; Тольятти: Изд-во ТГУ, 2022.

27. Хорошовин Л. Б., Беяков В. А., Свалов Е. А. Основные технологии переработки промышленных и твердых коммунальных отходов: учеб. пособие: М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т.; Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 220 с.

28. Ion Viorel Matei, Laura Ungureanu Survey on integrated modelling applied in environmental engineering and management / Environmental engineering and management journal. 2014 №13: С. 1027-1038 URL: https://www.researchgate.net/publication/286548147_Survey_on_integrated_modelling_applied_in_environmental_engineering_and_management (дата обращения: 12.12.2012).

29. Stefan Gabriel Burcea The economical, social and environmental implications of informal waste collection and recycling // Theoretical and Empirical Researches in Urban Management. 2015. №10 (3). URL: <https://www.jstor.org/stable/24873532> (дата обращения: 28.11.2022).

30. Stephen W. Salant The economics of natural resource extraction: a primer for development economists // The World Bank Research Observer. 1995. №10-1. URL: <https://doi.org/10.1093/wbro/10.1.93> (дата обращения: 09.01.2023).

31. Thermal Energy / Dictionary Geotechnical Engineering/Wörterbuch GeoTechnik. 2014 №10:1007. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-41714-6_200811 (дата обращения: 12.12.2022).

32. Williams Kweku Darkwah, Bismark Odum, Maxwell Addae, Desmond Koomson, Greenhouse Effect: Greenhouse Gases and Their Impact on Global

Warming / Journal of Scientific Research and Reports. 2018. №17. С. 1-9. URL:
https://www.researchgate.net/publication/323223192_Greenhouse_Effect_Greenhouse_Gases_and_Their_Impact_on_Global_Warming (дата обращения:
12.12.2012).