XXIV ВСЕРОССИЙСКИЙ МОЛОДЕЖНЫЙ КОНКУРС ПО ПРОБЛЕМАМ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ, ЭКОЛОГИИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

«ЮНЭКО»

Направление: Прикладная экология

Тема: Чистый воздух: внедрение газоуравнительной системы с эластичными двухмембранными газгольдерами в условиях ЛПДС «Субханкулово»

Соискатель: Кочеткова Анастасия Евгеньевна

Научный руководитель: Айдарова Ирина Михайловна

Место выполнения работы: г. Октябрьский, Республика Башкортостан

2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ... 3
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР ... 4
1.1 Загрязнения атмосферного воздуха предприятиями нефтяной отрасли ... 4
1.2 Основные источники и виды загрязняющих веществ при хранении и транспортировке нефти ... 4
1.3 Современные способы снижения выбросов в атмосферный воздух ... 4
2 ЭКОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ... 5
2.1 Общая характеристика ЛПДС «Субханкулово» АО «Транснефть-Урал» ... 5
2.2 Характеристика производственного процесса и источников загрязнения атмосферного воздуха ... 5
2.3 Анализ состава и объёмов выбросов загрязняющих веществ ... 6
2.4 Оценка воздухоохранной деятельности предприятия ... 10
2.5 Выявление основного источника воздействия на атмосферный воздух ... 11
2.6 Мероприятие по снижению выбросов загрязняющих веществ ... 12
2.7 Оценка экологической и экономической эффективности предлагаемого мероприятия. 14
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ... 15
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ... 16

ВВЕДЕНИЕ

Производственная деятельность предприятий нефтяной отрасли связана с воздействием на окружающую среду. При хранении и транспортировке нефти в атмосферный воздух могут поступать различные загрязняющие вещества, в том числе углеводороды. Поэтому важной задачей является контроль выбросов и поиск эффективных способов снижения их воздействия.

Цели исследовательской работы**:**

- провести анализ воздухоохранной деятельности ЛПДС «Субханкулово» АО «Транснефть-Урал»;
- рассмотреть мероприятие по снижению выбросов загрязняющих веществ.

Задачи:

- изучить основные источники загрязнения атмосферного воздуха предприятиями нефтяной отрасли;
- проанализировать источники и объёмы выбросов на ЛПДС «Субханкулово»;
- оценить воздухоохранную деятельность предприятия;
- определить основной источник воздействия на атмосферный воздух;
- обосновать мероприятие по снижению выбросов загрязняющих веществ.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Загрязнения атмосферного воздуха предприятиями нефтяной отрасли

Производственная деятельность предприятий нефтяной отрасли связана с воздействием на окружающую среду. При добыче, хранении, транспортировке и переработке нефти в атмосферный воздух могут поступать различные загрязняющие вещества.

В Республике Башкортостан значительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносят предприятия нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности. В валовых выбросах республики заметную долю составляют летучие органические соединения, оксид углерода, сернистый ангидрид и оксиды азота.

Для нефтетранспортных предприятий особое значение имеют выбросы, возникающие при хранении и перекачке нефти. Поэтому снижение воздействия таких объектов предполагает выявление основных источников выбросов и оценку эффективности существующих воздухоохранных мероприятий.

1.2 Основные источники и виды загрязняющих веществ при хранении и транспортировке нефти

Одними из основных загрязняющих веществ, характерных для нефтяной отрасли, являются углеводороды. Их поступление в атмосферу возможно при испарении нефти и нефтепродуктов из резервуаров, утечках оборудования, а также при проведении операций по наливу и сливу.

Кроме углеводородов, при работе предприятий нефтяной отрасли в атмосферный воздух могут поступать оксид углерода, диоксид серы, оксиды азота, сероводород, бензол, толуол, ксилол и другие вещества. Состав выбросов зависит от характера технологических процессов и используемого оборудования.

Для предприятий, осуществляющих хранение нефти, одним из наиболее значимых источников являются резервуары. При изменении условий хранения происходит выделение паров нефти, что приводит к поступлению углеводородов в атмосферный воздух. Поэтому именно резервуарный парк требует отдельного рассмотрения при оценке воздухоохранной деятельности ЛПДС «Субханкулово».

1.3 Современные способы снижения выбросов в атмосферный воздух

Снижение выбросов загрязняющих веществ может осуществляться за счёт совершенствования технологического оборудования, герметизации источников выделения загрязняющих веществ, улавливания и возврата углеводородов, а также совершенствования систем экологического контроля. Среди рассматриваемых для нефтяной отрасли способов снижения воздействия выделяются системы улавливания и утилизации газов и современные системы контроля выбросов.

Таким образом, анализ основных источников загрязнения и способов снижения выбросов позволяет перейти к оценке конкретного промышленного объекта - ЛПДС «Субханкулово» АО «Транснефть-Урал».

2 ЭКОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Общая характеристика ЛПДС «Субханкулово» АО «Транснефть-Урал»

Линейная производственно-диспетчерская станция (ЛПДС) «Субханкулово» входит в состав АО «Транснефть-Урал» и относится к предприятиям нефтяной отрасли. Основной деятельностью станции является приём, хранение и перекачка нефти по магистральным нефтепроводам.

Производственная деятельность ЛПДС связана с использованием технологического оборудования, резервуаров для хранения нефти и других объектов, являющихся потенциальными источниками воздействия на атмосферный воздух.

Площадки 3-4 ЛПДС «Субханкулово» располагается южнее с.Субханкулово по адресу: 452774, РБ, Туймазинский район, с.Субханкулово, ул.Магистральная 7 (рисунок 1)

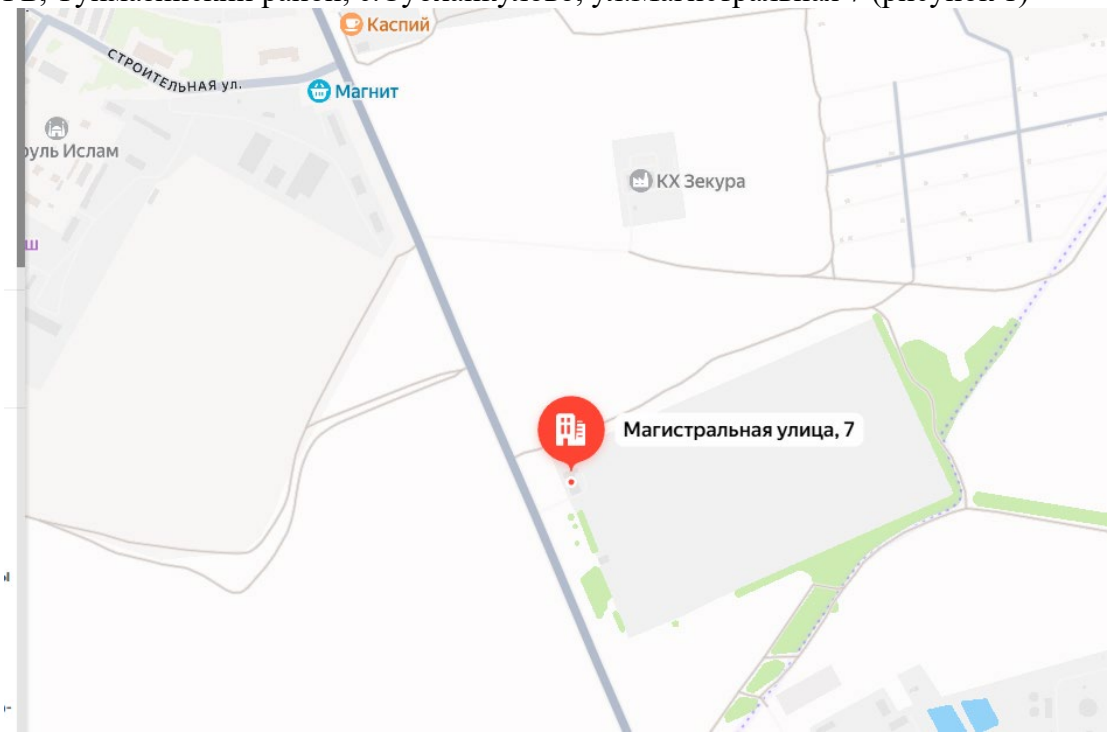


Рисунок 1- Общий вид на ЛПДС «Субханкулово»

На территории ЛПДС имеются организованные и неорганизованные источники выбросов загрязняющих веществ. Основную часть выбросов составляют углеводороды, поступающие в атмосферный воздух при хранении и перекачке нефти.

Для контроля воздействия предприятия на атмосферный воздух проводится производственный экологический контроль, в том числе наблюдения за качеством атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной зоны.

2.2 Характеристика производственного процесса и источников загрязнения атмосферного воздуха

Одним из технологических процессов, сопровождающихся выбросом углеводородов в атмосферный воздух при деятельности ЛПДС «Субханкулово» является перекачивание нефти с использованием промежуточных нефтеперекачивающих станций (НПС).

Нефть поступает из предыдущего участка магистрального нефтепровода и направляется на площадку с фильтрами-грязеуловителями (4). Здесь из потока удаляются механические примеси и загрязнения, что необходимо для защиты оборудования от износа и аварий. Очищенная нефть подается в магистральную насосную (1). Насосы придают потоку необходимую энергию, чтобы

преодолеть силы трения и переместить по трубопроводу. После насосов нефть подается на участок регулировки давления (2) и закачивается в следующий участок магистрального нефтепровода.

Площадка пуска и приема скребков (3) не участвуют в ежедневной перекачке, но критически необходима для поддержания чистоты трубопровода. Скребки- специальные устройства, которые прогоняют по трубе для очистки стенок от парафина и отложений.

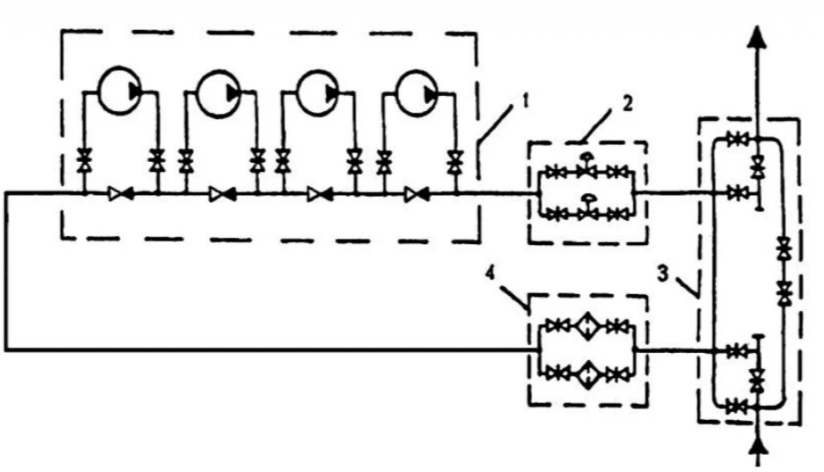


Рисунок 2 - Блок-схема работы промежуточной нефтеперекачивающей станции

2.3 Анализ состава и объёмов выбросов загрязняющих веществ

Использование данных за 2024-2025 гг. обусловлено периодом проведения исследования и циклом экологической отчётности предприятия: расчётные валовые выбросы приводятся по последней действующей инвентаризации источников 2024 года, а данные лабораторного производственного контроля (ПЭК) - по результатам измерений за 2025 год. По состоянию на 2026 год данные показатели являются наиболее актуальными и отражают текущий экологический профиль ЛПДС «Субханкулово».

По результатам инвентаризации выбросов за 2024 год максимальный суммарный валовый выброс загрязняющих веществ от объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду (объект ОНВ ЛПДС «Субханкулово») составляет 2294,641 т/год. Из них 2291,074 т/год приходится на стационарные источники, а оставшаяся часть - на передвижные источники. Соответствующее соотношение представлено на рисунке 3.

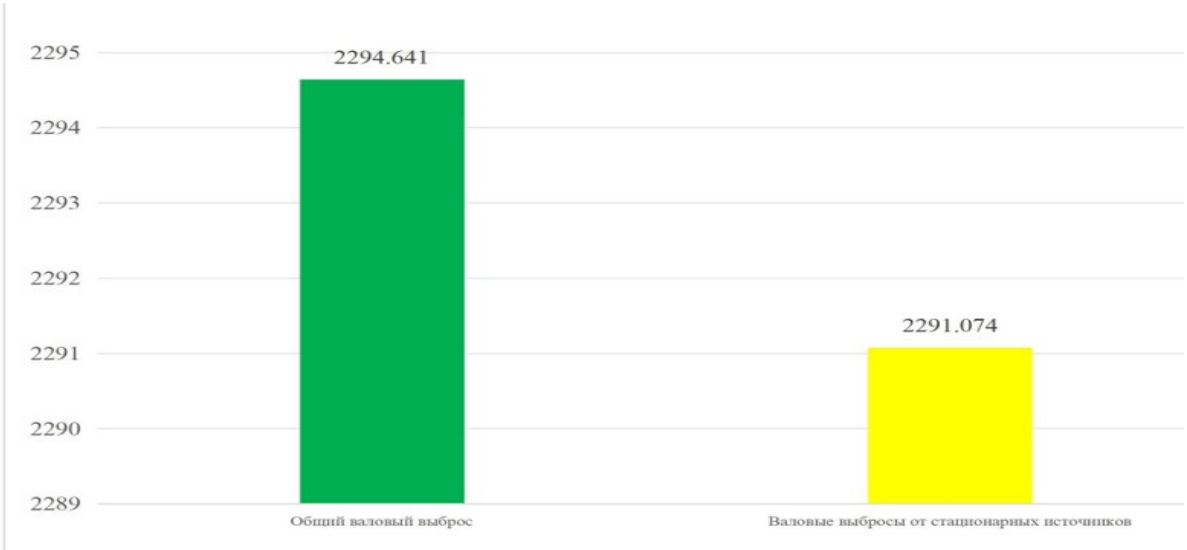


Рисунок 3 - Суммарные валовые выбросы от объекта, тн/год

По данным предприятия в атмосферный воздух поступает 42 наименования загрязняющих веществ. В таблице 1 представлены основные загрязняющие вещества, формирующие базовую массу выбросов предприятия.

Таблица 1 – Перечень загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух от источников предприятия

Загрязняющее вещество		Вид ПДК	Значение ПДК мг/м3	Класс опасности	Суммарный выброс загрязняющих веществ	
код	наименование				г/сут	т/год
1	2	3	4	5	6	7
0123	дижелезо триоксид (железа оксид) (в пересчете на железо)	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	- 0.04 -	3	0,2440647	0,859719
0143	Марганец и его соединения (в пересчёте на марганец (IV) оксид)	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	0.01 0.001 0.00005	2	0,0045683	0,001111
0150	Натрий гидроксид (Натр едкий)	ОБУВ	0.01		0,0000039	1,00e-08
0301	Азота диоксид (Двуокись азота; пероксид азота)	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	0.2 0.1 0.04	3	6,1765234	5,099756
0302	Азотная кислота (по молекуле HNO3)	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	0.4 0.15 0.04	2	0,0000334	5,00e-08
0303	Аммиак (Азота гидрид)	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	0.2 0.1 0.04	4	0,000444	0,000001
0304	Азот (Il) оксид (Азот монооксид)	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	0.4 - 0.06	3	1,0036852	0,828711
0316	Гидрохлорид (по молекуле HC1) (Водород хлорид)	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	0.2 0.1 0.02	2	0,0069	0,00295
0322	Серная кислота (по молекуле H2SO4)	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	0.3 0.1 0.001	2	0,0000123	0,000069
0328	Углерод (Пигмент черный)	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	0.15 0.05 0.025	3	0,9385851	0,484059
0330	Сера диоксид	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	0.5 0.05 -	3	9,835364	4,422608
0333	Дигидросульфид (Водород сернистый, дигидросульфид, гидросульфид)	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	0.008 - 0.002	2	0,3069589	0,983107

0337	Углерода оксид (Углерод окись; углерод моноокись; угарный газ)	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	5 3 3	4	17,389328	11,780771
0342	Гидрофторид (Водород фторид; фтороводород)	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	0.02 0.014 0.005	2	0,0173338	0,006366
0344	Фториды неорганические плохо растворимые	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	0.2 0.03 -	2	0,0033355	0,000222
0415	Смесь предельных углеводородов С1Н4-С5Н12	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	200 50 -	4	370,188082	1187,256026
0416	Смесь предельных углеводородов С6Н14-С10Н22	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	50 5 -	3	137,0390107	439,117727
0602	Бензол (Циклогексатриен; фенилгидрид)	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	0.3 0.06 0.005	2	1,7900293	5,734745
0616	Диметилбензол (смесь о-, м-, п- изомеров) (Метилтолуол)	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	0.2 - 0.1	3	0,5948128	2,153919
2735	Масло минеральное нефтяное	ОБУВ	0.05		0,0853135	0,816886
2741	Гептановая фракция	ОБУВ	1.5		0,000015	0,000026
2750	Сольвент нафта	ОБУВ	0.2		0,1171625	0,022495
2752	Уайт-спирит	ОБУВ	1		0,0605969	0,3031
2754	Алканы С12-19 (в пересчете на С)	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	1 - -	4	0,0520841	0,000253
2902	Взвешенные вещества	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	0.5 0.15 0.075	3	0,7971369	0,347603
2904	Мазутная зола теплоэлектростанций (в пересчете на ванадий)	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	- 0.002 -	2	0,0743516	0,039157
2908	Пыль неорганическая: 70-20% SiO2	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	0.3 0.1 -	3	0,0109855	0,039102
2930	Пыль абразивная	ОБУВ	0.04		0,00722	0,008655

2936	Пыль древесная		ОБУВ	0.5		0,3104525	0,844927
Всего веществ в таблице: 29						552,3334784	1666,490077
в том числе твердых : 7						2,3907098	2,62456
жидких/ газообразных : 22						549,9427686	1663,865517
	Смеси загрязняющих веществ, обладающих суммацией действия (комбинированным действием):						
6003	(2) 303 333 Аммиак, сероводород						
6004	(3) 303 333 1325 Аммиак, сероводород, формальдегид						
6005	(2) 303 1325 Аммиак, формальдегид						
6006	(4) 301 304 330 2904 Азота диоксид и оксид, мазутная зола, серы диоксид						
6035	(2) 333 1325 Сероводород, формальдегид						
6040	(5) 301 303 304 322 330 Серы диоксид и трехокись серы (аэрозоль серной кислоты), аммиак						
6041	(2) 322 330 Серы диоксид и кислота серная						
6043	(2) 330 333 Серы диоксид и сероводород						
6045	(3) 302 316 322 Сильные минеральные кислоты (серная, соляная и азотная)						
6053	(2) 342 344 Фтористый водород и плохорастворимые соли фтора						
6204	(3) 301 330 Азота диоксид, серы диоксид						
6205	(2) 330 342 Серы диоксид и фтористый водород						

Наряду с проектными показателями инвентаризации, учет фактического воздействия предприятия на атмосферный воздух осуществляется по данным формы федерального статистического наблюдения № 2-ТП (воздух). Согласно статистической отчетности за 2024 год, фактический суммарный годовой выброс загрязняющих веществ составляет 94,294 тонны. В структуре фактических выбросов подавляющую часть составляют газообразные и жидкие загрязняющие вещества – 94,14 т/год (99,84%), а на долю твердых веществ приходится 0,154 т/год (0,16%). Распределение фактических выбросов по агрегатному состоянию представлено на рисунке 4.

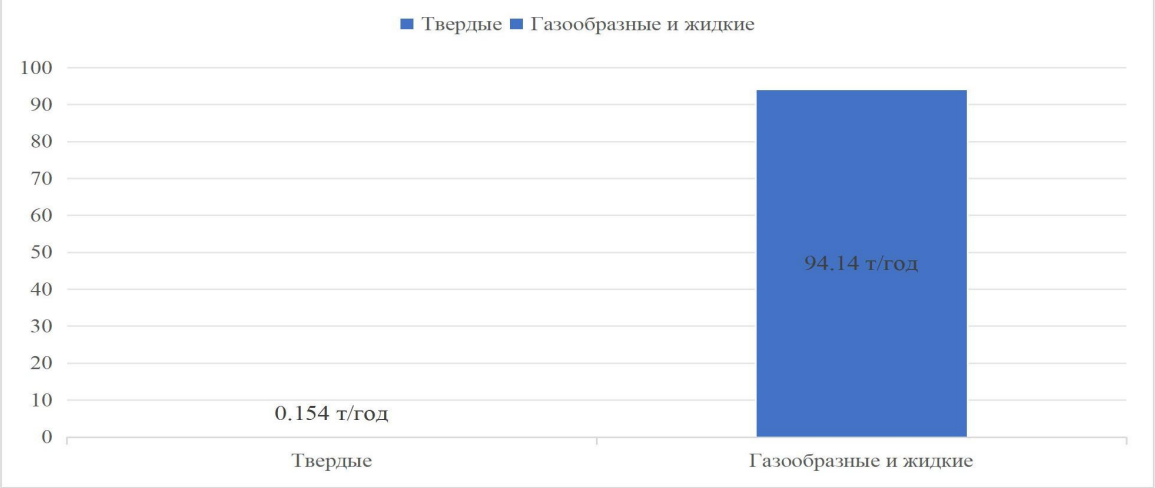


Рисунок 4 - Суммарный выброс загрязняющих веществ по агрегатному состоянию

Наибольший вклад в общий объём выбросов вносят предельные углеводороды. Выброс углеводородов фракции C_1-C_5 составляет 1187,3 т/год, а фракции C_6-C_{10} - 439,1 т/год. В сумме на эти две группы приходится 1626,4 т/год, что составляет около 70,9 % общего валового выброса объекта.

Для наглядного представления полученных результатов рассчитана структура валовых выбросов. Количество остальных загрязняющих веществ составляет 668,241 т/год; данное значение получено расчётным путём как разница между общим валовым выбросом и выбросами фракций C_1-C_5 и C_6-C_{10}. Представлены на рисунке 5.

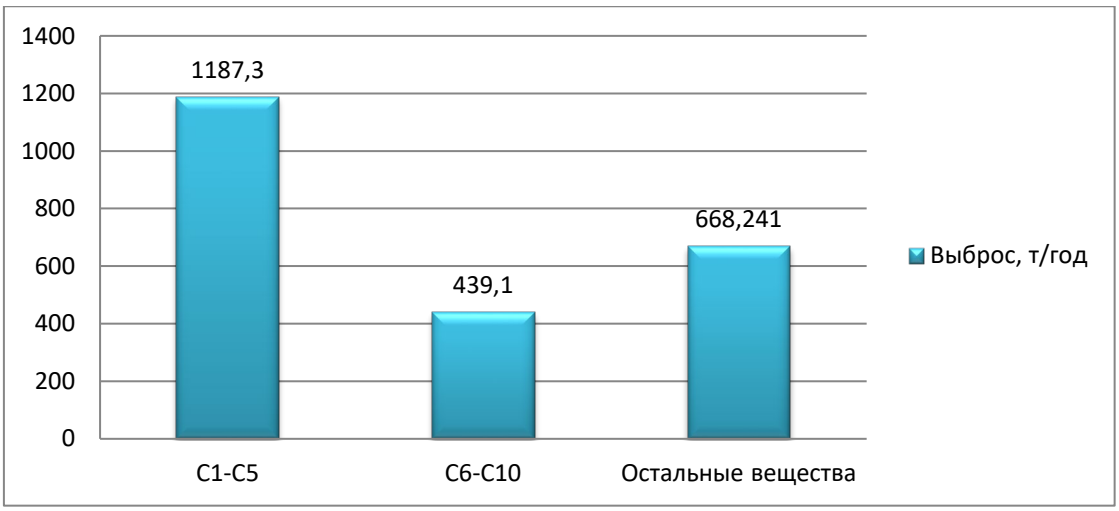


Рисунок 5 - Структура валовых выбросов ЛПДС «Субханкулово» в 2024 году (по материалам инвентаризации).

Кроме углеводородов, в состав выбросов входят диоксид азота, диоксид серы, оксид углерода, сероводород, бензол, ксилол, толуол, минеральное масло, сажа и другие загрязняющие вещества.

Полученные результаты показывают, что углеводороды являются определяющей составляющей валового выброса ЛПДС «Субханкулово», образующиеся при испарениях из резервуарного парка.

2.4 Оценка воздухоохранной деятельности предприятия

Для оценки состояния атмосферного воздуха на ЛПДС «Субханкулово» проводится производственный экологический контроль. Наблюдения выполняются на границе санитарно-защитной зоны и в ближайшей жилой зоне. Контроль проводится два раза в год.

Точки отбора располагаются в 50 м во все стороны света от границ земельного участка. Контроль производился по основным загрязняющим веществам, находящихся в составе выбросов.

Результаты контроля атмосферного воздуха за 2025 год представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты производственного экологического контроля атмосферного воздуха на границе СЗЗ ЛПДС «Субханкулово» (2025 г.)

Загрязняющее вещество	Фактическая концентрация, мг/м^3	ПДК/ОБУВ, мг/м^3
Диоксид азота	<0,08-0,086	0,2
Оксид углерода	<3	5,0
Углеводороды C_6-C_{10}	33-41	50
Бензол	0,05-0,08	0,3
Диметилбензол (Ксилол)	0,12-0,14	0,2
Метилбензол (Толуол)	0,37-0,40	0,6
Масла минеральные нефтяные	0,031-0,034	0,05

По данным представленных результатов, фактические концентрации контролируемых веществ не превышают установленные нормативы. Наиболее близкими к нормативному значению являются концентрации углеводородов C_6-C_{10}, однако и они остаются ниже установленного

норматива. Таким образом, действующая система производственного экологического контроля позволяет отслеживать состояние атмосферного воздуха в зоне влияния предприятия.

Для обеспечения достоверности данных производственного экологического контроля (ПЭК) на ЛПДС «Субханкулово» отбор и анализ проб атмосферного воздуха осуществляется эколого-аналитической лабораторией (ЭАЛ) с использованием специализированного оборудования, внесенного в Государственный реестр средств измерений РФ.

Отбор проб атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) проводится с помощью аспираторов пробоотборных (типа ПУ-4Э), обеспечивающих нормированный объемный расход воздуха. Измерение массовых концентраций углеводородов (C_1-C_5, C_6-C_{10}), а также ароматических углеводородов (бензол, толуол, ксилол) выполняется методом газовой хроматографии.

Все процедурные мероприятия по отбору проб и анализу выполняются в соответствии с ГОСТ 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов» и РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы».

Таким образом, существующая система ПЭК позволяет объективно отслеживать уровень техногенного воздействия, однако отсутствие превышений ПДК на границе СЗЗ не отменяет необходимости снижения валовых выбросов паров углеводородов непосредственно на источниках их выделения.

2.5 Выявление основного источника воздействия на атмосферный воздух

На основе проведенного анализа инвентаризации выбросов ЛПДС «Субханкулово» (раздел 2.3) установлен ключевой фактор негативного воздействия предприятия на атмосферный воздух.

Из 42 наименований загрязняющих веществ суммарным валовым объемом 2294,641 т/год подавляющая часть приходится на жидкие и газообразные углеводороды. Анализ структуры выбросов показал, что доминирующими компонентами являются:

- Смесь предельных углеводородов C_1-C_5: 1187,256 т/год (51,7% от общего валового выброса);
- Смесь предельных углеводородов C_6-C_{10}: 439,118 т/год (19,1% от общего валового выброса).

Суммарный выброс легких фракций углеводородов составляет 1626,374 т/год, или 70,88% от всех валовых выбросов станции.

Главным источником выделения данных веществ является резервуарный парк. Выбросы образуются в результате испарения нефти при технологических операциях приемки, хранения и откачки - так называемых «больших» (вытеснение паровоздушной смеси при заполнении) и «малых» (температурные колебания и испарение в дневное время) дыханиях резервуаров.

1. Механизм «больших дыханий»

"Большие дыхания" происходят во время технологических операций закачки и выкачки нефти из резервуара:

- Закачка (вытеснение): При заполнении резервуара поступающая нефть вытесняет паровоздушную смесь (ПВС), находящуюся в газовом пространстве, через дыхательные или предохранительные клапаны в атмосферу. Объем вытесненной ПВС практически равен объему поступившей нефти.
- Откачка (насыщение): При выкачке нефти в газовое пространство подсасывается свежий атмосферный воздух. Этот воздух начинает интенсивно насыщаться парами легких фракций нефти до достижения равновесной концентрации, подготавливая объем ПВС к следующему вытеснению.

2. Механизм «малых дыханий»

"Малые дыхания" обусловлены суточными колебаниями температуры окружающего воздуха и солнечной радиации, а также изменениями барометрического давления:

- Дневной период (выдох): Под воздействием солнечной радиации стенки и крыша резервуара нагреваются, что приводит к нагреву газового пространства и верхнего слоя нефти. Происходит расширение ПВС и интенсивное испарение легких фракций.

Давление в газовом пространстве превышает уставку срабатывания дыхательного клапана, и насыщенная ПВС сбрасывается в атмосферу.

– Ночной период (вдох): При снижении температуры наружного воздуха газовое пространство охлаждается, пары углеводородов частично конденсируются, давление падает, и через дыхательный клапан засасывается свежий воздух, который вновь насыщается парами.

Для снижения потерь от "малых дыханий" на ЛПДС применяется окраска резервуаров светоотражающими эмалями (серебристо-белого цвета), что снижает нагрев газовой среды на 30-40%.

2.6 Мероприятие по снижению выбросов загрязняющих веществ

Одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха на ЛПДС «Субханкулово» является резервуарный парк. В процессе хранения и перекачки нефти происходят потери от испарения легких фракций («большие» и «малые» дыхания), что приводит к выбросу углеводородов, сероводорода и безвозвратной потере ценного сырья.

Для минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух и повышения экологичности производства предлагается внедрение газоуравнительной системы (ГУС) с двухмембранным газгольдером.

Основное назначение ГУС заключается в сборе паровоздушной смеси, образующейся в резервуарах. При заполнении резервуара нефтью увеличивается объём паровоздушной смеси, которая через систему трубопроводов направляется в газгольдер. Газгольдер выполняет функцию временной ёмкости и позволяет аккумулировать пары при изменении нагрузки на систему.

При опорожнении резервуара происходит обратный процесс. Пары из газгольдера могут направляться обратно в резервуар, компенсируя изменение объёма паровоздушной смеси. Таким образом, снижается количество углеводородов, поступающих непосредственно в атмосферу. На рисунке 6 представлена схема движения паровоздушной смеси и конденсата в газоуравнительной системе.



Рисунок 6 - Схема газоуравнительной системы с мягкими газгольдерами и сбором конденсата

В состав рассматриваемой системы входят резервуар, сборный газопровод, газгольдер и элементы регулирования давления. Также предусмотрен сбор конденсата, образующегося при охлаждении паровоздушной смеси. Конденсат может отводиться из системы с помощью специального оборудования. Применение газгольдера особенно важно при неравномерном образовании паров. Он позволяет временно принимать избыточную паровоздушную смесь и тем самым уменьшать пиковые выбросы. Регулирование давления обеспечивает безопасную работу системы и направление потока паров в зависимости от режима эксплуатации.

Эффективность предлагаемого мероприятия оценивается по изменению основных экономических показателей. Результаты сравнения представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Ожидаемые результаты применения газоуравнительной системы с (мягким) двухмембранным газгольдером на ЛПДС «Субханкулово»

Показатель	До внедрения ГУС	После внедрения ГУС	Ожидаемый эффект
Выбросы углеводородов, т/год	~1626	32-81	снижение на 95-98%
Выбросы CO_2, т/год	базовые значения	базовое значение ×0,86	Снижение на 14 %
Потери продукта, %	5-10	0,2-0,5	Возврат 5-10 %
Капитальные затраты	100 %	74 %	Экономия 26 %
Срок окупаемости	4-5 лет	2-3 года	Сокращение на 47 %

Для обоснования экологической эффективности ГУС с двухмембранным газгольдером выполнен расчет эффективности мероприятия.

Расчёт эффективности мероприятия:

Без применения ГУС валовый выброс углеводородов C_1–C_5 и C_6–C_{10} из резервуаров составляет:

$M_{до}$ = 1626,4 т/год

Эффективность улавливания паров газоуравнительной системой составляет μ= 0,95 ÷ 0,98.

Остаточный выброс после внедрения ГУС рассчитывается по формуле:

$$M_{после} = M_{до} \times (1 - \mu) \quad (1)$$

где:
$M_{после}$ - остаточный выброс углеводородов после внедрения ГУС, т/год;
$M_{до}$ - валовый выброс углеводородов до внедрения ГУС, т/год;
μ - эффективность улавливания паров газоуравнительной системой (доля уловленных паров), доли единицы;
(1 - μ) - доля паров, не уловленных системой и поступающих в атмосферу, доли единицы.

Расчёт при μ = 0,95:

$$M_{после} = 1626,4 \times (1 - 0,95) = 1626,4 \times 0,05 = 81,32 \text{ т/год}$$

Расчёт при μ = 0,98:

$$M_{после} = 1626,4 \times (1 - 0,98) = 1626,4 \times 0,02 = 32,53 \text{ т/год}$$

Выбросы углеводородов снижаются с 1626,4 т/год до 32–81 т/год, то есть на 95–98 %. Дополнительным экологическим результатом внедрения мембранного газгольдера является снижение выбросов парниковых газов (углеродного следа) на 14% за счет герметизации газового пространства и сокращение удельных энергозатрат.

Кроме экологического эффекта, использование системы позволяет уменьшить потери нефтепродукта. Согласно исходным расчётам, потери могут быть снижены с 5-10 % до 0,2-0,5 %, а возвращаемая в технологический процесс часть продукта может составлять 5-10 %.

Таким образом, применение газоуравнительной системы с двухмембранным газгольдером рассматривается как техническое решение, направленное одновременно на снижение выбросов углеводородов и диоксида углерода, а также уменьшение потерь нефтепродукта.

2.7 Оценка экологической и экономической эффективности предлагаемого мероприятия

Предлагаемая газоуравнительная система имеет как экологический, так и экономический эффект.

Экологическая эффективность заключается в снижении выбросов углеводородов при хранении нефти. Дополнительным результатом является уменьшение выбросов CO_2 и потерь продукта. Расчётные показатели представлены в таблице 3 раздела 2.6.

Экономическая эффективность связана со снижением капитальных затрат и сокращением срока окупаемости оборудования. По исходным расчётам, применение мембранного газгольдера позволяет снизить капитальные затраты на 26 %. Ожидаемый срок окупаемости составляет 2-3 года.

Кроме того, улавливание углеводородных паров позволяет возвращать часть продукта в технологический процесс. Это снижает потери нефтепродукта при хранении.

Таким образом, применение газоуравнительной системы является экологически и экономически целесообразным мероприятием. Она позволяет снизить воздействие резервуарного парка на атмосферный воздух и одновременно повысить эффективность использования нефтепродукта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы была рассмотрена проблема воздействия предприятий нефтетранспортной отрасли на атмосферный воздух на примере ЛПДС «Субханкулово» АО «Транснефть-Урал».

В результате анализа установлено, что основную долю валовых выбросов составляют углеводороды фракций C_1-C_5 и C_6-C_{10}. Их суммарный выброс составляет 1626,4 т/год. Основным источником их поступления в атмосферный воздух является резервуарный парк, где выбросы образуются в результате испарения нефти.

Анализ производственного экологического контроля показал, что в 2025 году концентрации контролируемых загрязняющих веществ на границе санитарно-защитной зоны не превышали установленные нормативы. При этом наличие нормативного контроля не исключает необходимости дальнейшего снижения выбросов.

В качестве мероприятия по снижению воздействия резервуарного парка предложена газоуравнительная система с двухмембранным газгольдером. Её применение позволяет улавливать углеводородные пары и возвращать их в технологический процесс.

Согласно расчётным данным, внедрение системы может обеспечить снижение выбросов углеводородов на 95-98 %. Капитальные затраты могут быть снижены на 26 %, а ожидаемый срок окупаемости составляет 2-3 года.

Таким образом, поставленная цель работы достигнута. Предлагаемое мероприятие имеет экологическую и экономическую эффективность и может применяться для снижения выбросов углеводородов при хранении нефти.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брюханов, О. Н. Природные и искусственные газы : учебник для СПО / О. Н. Брюханов, В. А. Жила. - Москва : Академия, 2004. - 208 с.
2. Латышенко, К. П. Мониторинг загрязнения окружающей среды : учебник и практикум для СПО / К. П. Латышенко. - Москва : Юрайт, 2018. - 375 с.
3. Методические указания по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров. - Новополоцк : ЗАО «ЛЮБЭКОП», 1997. - 56 с.
4. Подавалов, Ю. А. Экология нефтегазового производства / Ю. А. Подавалов. - Москва : Инфра-Инженерия, 2010. - 416 с.
5. Подорожников, С. Ю. Эксплуатация магистральных и технологических нефтегазопроводов. Процессы : учебное пособие / С. Ю. Подорожников ; под общ. ред. Ю. Д. Земенкова. - Тюмень : ТюмГНГУ, 2018. - 260 с.
6. Севрюкова, Е. А. Мониторинг загрязнения окружающей среды : учебник для СПО / Е. А. Севрюкова ; под общ. ред. В. И. Каракеяна. - Москва : Юрайт, 2018. - 397 с.
7. Федеральный закон от 04.05.1999 № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха».
8. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
9. Постановление Правительства РФ от 28.09.2015 № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий».
10. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21».
11. Приказ Минприроды России от 18.02.2022 № 109 «Об утверждении требований к содержанию программы производственного экологического контроля...».
12. Башкирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ФГБУ «Башкирское УГМС») : официальный сайт.
13. Справочник по наилучшим доступным технологиям (НДТ) в области транспортировки нефти и нефтепродуктов по магистральным трубопроводам. - Москва : Бюро НДТ, 2023.
14. Материалы инвентаризации источников выбросов загрязняющих веществ ЛПДС «Субханкулово» за 2024 год.
15. Материалы производственного экологического контроля атмосферного воздуха ЛПДС «Субханкулово».