

**Оценка потенциальных
атмосферных выбросов
диоксинов/ фуранов, твердых
частиц и тяжелых металлов
Воркутинского цементного
завода при использовании
общепринятых и
альтернативных видов
топлива**

Окончательный отчет



ОТКАЗ ОТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ

Отчет подготовлен Евгенией Барсуковой и др. Все мнения, представленные в данном документе, являются исключительно мнением авторов. НЕФКО, передавая или распространяя нижеприведенную информацию, не предоставляет каких-либо гарантий или заверений, явно выраженных или подразумеваемых, в отношении ее точности, полноты или практического применения; а также не принимает на себя обязательств какого бы то ни было характера, обусловленных использованием какой-либо информации, материалов или процедур, содержащихся в настоящем документе.

Оценка потенциальных атмосферных выбросов диоксинов/фуранов, твердых частиц и тяжелых металлов Воркутинского цементного завода при использовании общепринятых и альтернативных видов топлива

Отчет подготовлен:
Евгенией Барсуковой
Дмитрием Кузнецовым
Ольгой Цехмистер

НО «Фонд полярных исследований «Полярный фонд»
Российская Федерация, 127025 Москва, д.19, Новый Арбат

для
Северной экологической финансовой корпорации (НЕФКО)

25 января 2016 года

Содержание

Содержание.....	3
1 Введение.....	9
1.1 Предпосылки.....	9
1.2 Характеристики и текущее состояние Воркутинского цементного завода.....	13
2 Организация и технология работ по отбору проб.....	14
2.1 Отбор газовой фазы для анализа образцов ПХДД/ПХДФ.....	14
2.2 Отбор пыли.....	17
2.3 Отбор проб других загрязняющих веществ.....	18
2.4 Оценка газового потока при отборе проб.....	18
2.5 Методы анализа и использованный инструментарий.....	21
3 Результаты и их оценка.....	23
3.1 Технологические параметры при отборе проб.....	23
3.1.1 Характеристика производства цемента при отборе проб.....	23
3.2 Диоксины и фураны (ПХДД/ПХДФ).....	28
3.2.1 Аналитические результаты НПО «Тайфун».....	28
3.2.2 Аналитические результаты Университета Умео (Швеция).....	35
3.3 Тяжелые металлы.....	39
3.4 Сажа.....	40
3.5 Пыль.....	41
4 Моделирование рассеяния загрязняющих веществ.....	44
4.1 Моделирование локального рассеивания пыли.....	44
4.2 Моделирование локальной дисперсии сажи.....	50
5 Выводы.....	56

6	Список литературы	58
---	-------------------------	----

Перечень сокращений, условных обозначений, символов и терминов

АС – Арктический совет

АКАП – Рабочая группа Арктического совета по устранению загрязнения в Арктике

ВЦЗ – Воркутинский цементный завод

ГЖО – газовый жирный отощенный

ЕС – Европейский союз

ЗВ – Загрязняющие вещества

НЕФКО – Северная экологическая финансовая корпорация

НИИ – Научно-исследовательский институт

НПО – Научно-производственное объединение

ПДВ – Предельно допустимые выбросы

ПДК – Предельно допустимая концентрация

ПК – Персональный компьютер

ПКО – Предел качественного определения

ПНД Ф – Природоохранные нормативные документы федеративные

ПХДД – полихлорированные дибензо диоксины

ПХДФ – полихлорированные дибензо фураны

РГ – Рабочая группа

РД – Руководящий документ

Росприроднадзор – Федеральная служба по надзору в сфере природопользования

СанПиН – Санитарные правила и нормы

СЗЗ – Санитарно-защитная зона

СОЗ – Стойкие органические загрязнители

СШ – Семечко со штыбом

УК – Управляющий комитет

УК ПХДД/ПХДФ - Управляющий комитета проекта «Сокращение/устранение выбросов диоксинов и фуранов в Российской

Федерации с акцентом на арктические и северные регионы, оказывающих влияние на Арктику»

УПРЗА – Унифицированная программа расчета загрязнения атмосферы

ЦСК – ООО «Цементная северная компания»

ЮНЕП – Программа ООН по окружающей среде

- Приложение 1.* Фоновые характеристики атмосферного воздуха
- Приложение 2.* Сертификат качества угля
- Приложение 3.* Паспорта опасных отходов, используемых в качестве альтернативного топлива
- Приложение 4А.* Протоколы аналитической обработки проб, отобранных при испытаниях вращающейся печи № 2
- Приложение 4Б.* Аналитические результаты из Университета Умео (Швеция)
- Приложение 5.* Расчет для моделирования рассеивания загрязняющих веществ
- Приложение 6.* Паспорт отхода пыли, образующегося при работе цементной вращающейся печи № 2 Воркутинского цементного завода
- Приложение 7.* Иллюстрации

Аннотация

Работа была начата по инициативе Управляющего комитета проекта «Сокращение/устранение выбросов диоксинов и фуранов в Российской Федерации с акцентом на арктические и северные регионы, оказывающих влияние на Арктику» (УК ПХДД/ПХДФ) Рабочей группы (РГ) Арктического совета по устранению загрязнения в Арктике (АКАП). Заказчиком является Северная экологическая финансовая корпорация - НЕФКО. Цель работы – продемонстрировать возможность осуществления эффективных и экономически обоснованных проектов на территории России, в рамках выполнения Стокгольмской конвенции о Стойких органических загрязнителях (СОЗ).

Воркутинский цементный завод (ВЦЗ) был выбран в качестве подходящего объекта для реализации пилотного проекта. При реализации проекта проведено исследование по оценке влияния установленного электростатического фильтра на выбросы пыли и сажи.

Для решения задачи были выполнены опытные работы по отбору проб и проведены анализы осуществляемых предприятием выбросов в атмосферный воздух. Оценка фактора эмиссии Воркутинского цементного завода для обжиговых печей, работающих по мокрому процессу, после установки электростатического фильтра (ЭФ) показала, что выбросы предприятия соответствуют требованиям установленным Федеральной службой по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор). Снижение негативного воздействия на окружающую среду в регионе Баренцева моря. Использование альтернативных видов топлива не привело к превышению требований Директивы 2000/76/ЕС Европейского парламента и Совета "О сжигании отходов" (Брюссель, 4 декабря 2000 года).

1 Введение

1.1 Предпосылки

ООО «Цементная северная компания» (ЦСК) - единственное предприятие по производству цемента в Республике Коми. Предприятие расположено за Полярным кругом в 25 км к северу от города Воркута на левом берегу реки Воркута. Ближайшая жилая зона – поселок Цементнозаводской, расположен на юго-востоке на расстоянии 780 м от промышленной площадки завода. Район предприятия относится к Большеземельской тундре, к зоне вечной мерзлоты. Окружающая местность представляет собой тундру, земли не используются для сельскохозяйственных нужд.

Строительство завода началось в 1947 г. по проекту, разработанному институтом «Ленгипрошахт». А уже 15 сентября 1950 года была введена в эксплуатацию первая технологическая линия с проектной мощностью 25,0 тыс. т цемента в год.

В соответствии с классификацией, представленной в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 (новая редакция), предприятия по производству цемента (портланд-шлакопортланд-пуццолан-цемента и др.), а также местных цементов (глинитцемента, роман-цемента, гипсошлакового и др.), могут быть приравнены к предприятиям II класса опасности с санитарно-защитной зоной 500 м (раздел 7.1.4. п. 1).

Расчет категории предприятия, выполненный в соответствии с документом: "Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. (Дополненное и переработанное). ОАО НИИ Атмосфера", СПб., 2012, подтвердил, что данное предприятие относится ко 2-ой категории по воздействию выбросов на атмосферный воздух.

Обзорная карта промышленной площадки ООО «ЦСК» представлена на Рис. 1, карта-схема источников загрязнения атмосферного воздуха представлена на Рис. 2.

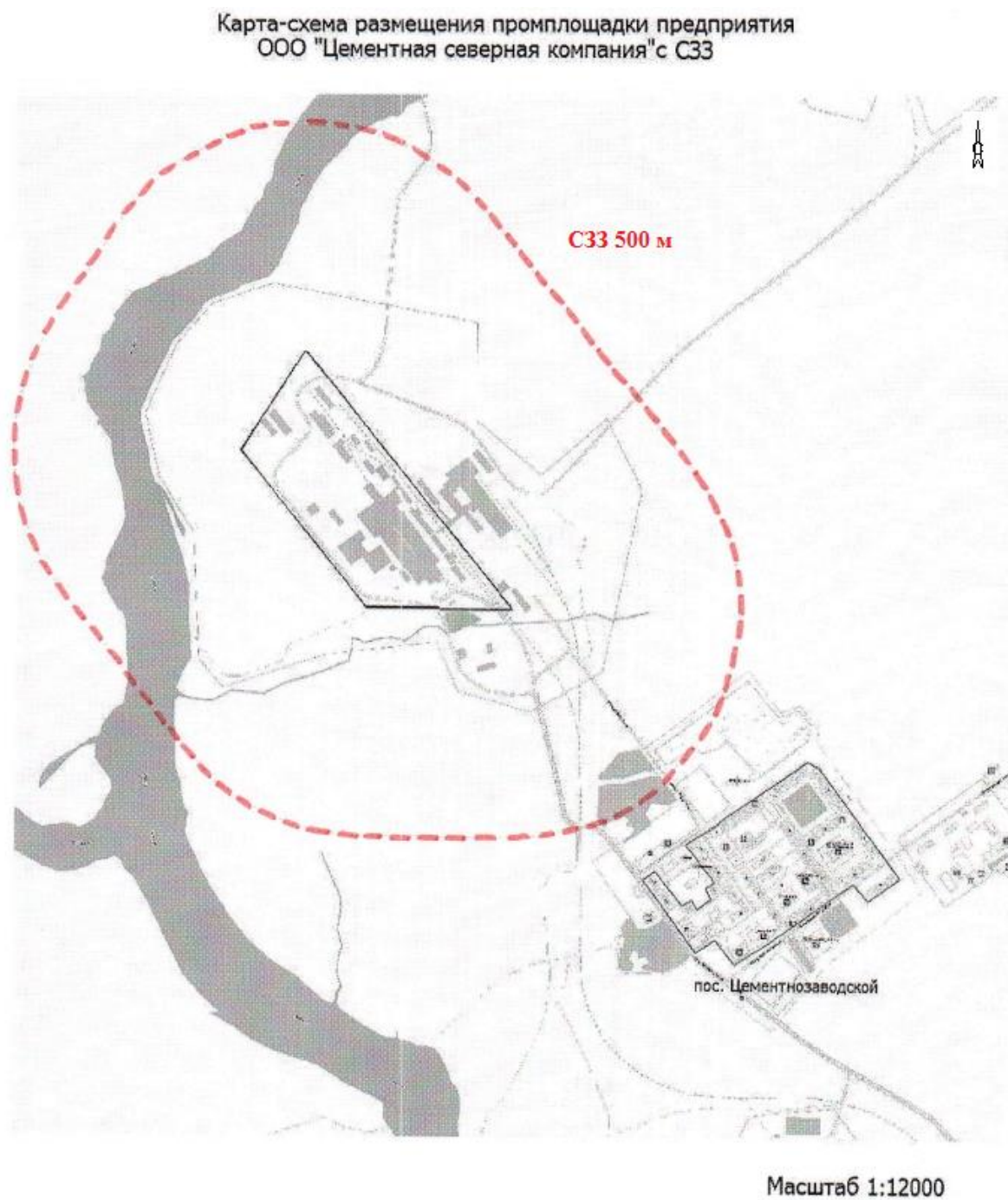


Рис. 1 Обзорная карта промышленной площадки ООО «ЦСК»

Как уже отмечалось, выполнение исследований было инициировано Управляющим комитетом «Сокращение/устранение выбросов диоксинов и фуранов в Российской Федерации с акцентом на арктические и северные регионы, оказывающих влияние на Арктику» РГ АКАП.

Основными задачами исследований были:

- оценка эффективности установленных фильтров по сокращению выбросов диоксинов в атмосферу;
- оценка последствия выбросов диоксинов в результате внедрения альтернативных видов топлива в процессе производства цемента;
- оценка соответствия выбросов вредных веществ в атмосферу Воркутинского цементного завода со ссылкой на соответствующие национальные и международные стандарты и нормы.

Работа велась в рамках соглашения с НЕФКО от 4 июня 2014 г. и включала:

1. Отбор проб выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух после ЭЛЕКТРОФИЛЬТРА EGBM1-25-9-6-4:

- в процессе использования традиционных видов топлива,
- в процессе использования взаимодополняющих (альтернативных) видов топлива (отходов).

Параметры и характеристики, измеряемых загрязняющих веществ, а также эксплуатационные требования к проведению работ, приведены в документе: «Параметры и характеристики загрязняющих веществ, для использования в процессе отбора проб и анализа выбросов загрязняющих веществ по Воркутинскому цементному заводу в атмосферу, в соответствии с требованиями УК ПХДД/ДФ РГ АКАП».

2. Аналитическую обработку отобранных проб в НПО "Тайфун".
3. Оценку полученных результатов аналитической обработки проб.

1.2 Характеристики и текущее состояние Воркутинского цементного завода

На предприятии имеются 3 вращающиеся печи, работающие по мокрому способу. В эксплуатации находится печь №2 длиной 89 м.

Отработанные газы из вращающейся печи №2 поступают на электрофильтр и выводятся через дымоход диаметром 3,60 м. Электрофильтр (ESP EGBM1-25-9-6-4) установлен в августе 2013 года.

Печь топится углем, добываемым из Воргашорской шахты (марка угля ГЖО, сорт СШ, сертификат на уголь представлен в Приложении 3). В 2013-2014 годах годовое производство цемента составляло 450 000 т.

2 Организация и технология работ по отбору проб

2.1 Отбор газовой фазы для анализа образцов ПХДД/ПХДФ

Пробы газовой фазы были отобраны с помощью прибора СС-1 в период с 3 по 6 сентября 2014 года. Место отбора проб представлено на Рис. 3.

Отбор проб, приведенных в таблице 1, проводился в течение четырех дней:

- 03.09.2014 – образцы 1 и 2, отобраны с 15:10 до 18:10. Образцы были отобраны в ходе сжигания обычного топлива - угля.

- 04.09.2014 – образцы 3, 4, 5, отобраны с 9:50 до 14:00. В печи сжигался уголь. Образец 6 представляет собой смесь образцов пыли, собранных в течение 24 часов с фильтра, с интервалом в 1 час.

- 05.09.2014 – образцы 7, 8 и 12, отобраны с 15:10 до 19:10. Образцы были собраны в ходе совместного сжигания угля и альтернативного топлива (отходов).

- 06.09.2014 – образцы 9, 10 отобраны с 9:50 до 13:30. Образцы были собраны в ходе совместного сжигания угля и отходов. Образец 11 представляет собой смесь образцов пыли, собранных с фильтра в течение 24 часов с интервалом в 1 час.

Каждый образец, отобранный для анализа ПХДД/ПХДФ, состоит из трех частей: аэрозольный фильтр, конденсат и сорбент ХАД-2. Экстракт из этих проб хранился в герметичной ампуле. Сохраняемые таким образом образцы были переданы НПО "Тайфун" для дальнейшей обработки.

Образцы 5, 10, 6 (часть пробы) и 11 (часть пробы) были отправлены в Швецию для параллельного анализа и проверки данных анализов, полученных НПО "Тайфун".

Образцы 2 и 7 (газа) использовались также для определения содержания углерода черного.

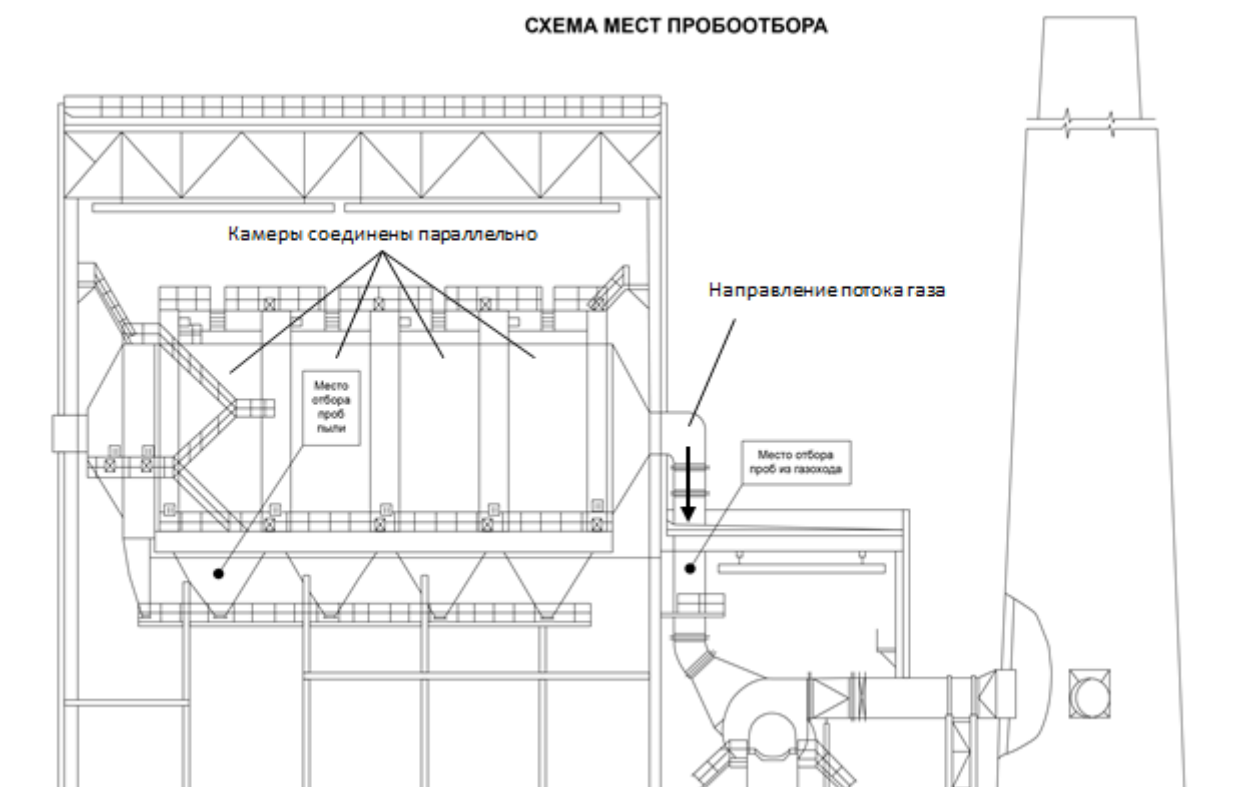


Таблица 1 Характеристики газовой фазы и твердой фазы проб на ВЦЗ, отобранных в сентябре 2014 года

№ пробы	Дата отбора	Топливо (1 = уголь, 2 = уголь + шины/шпалы)	Продолжительность отбора (час)	Объем пробы, $\text{Nm}^3/(\text{cm}^3)$	Код пробы НПО «Тайфун»	Коды проб, отправленных в Швецию
1	03.09.14	1	1 час 30 мин	2.52	165-09-14	-
2	03.09.14	1	1 час 30 мин	2.27	166-09-14	-
3	04.09.14	1	1 час 20 мин	2.025	-	-
4	04.09.14	1	1 час 20 мин	2.7	167-09-14	-
5	04.09.14	1	1 час 30 мин	3.6	-	5 (ф+к)
6 (пыль)	04.09.14	1	24 часа	50 (cm^3)	171-09-14	6
7	05.09.14	2	1 час 20 мин	2.7	168-09-14	-
8	05.09.14	2	1 час 20 мин	2.7	169-09-14	-
9	06.09.14	2	1 час 50 мин	2.7	170-09-14	-
10	06.09.14	2	1 час 50 мин	2.7	-	10 (ф+к)
11 (пыль)	06.09.14	2	24 часа	50 (cm^3)	172-09-14	11
12	05.09.14	2	1 час 20 мин	2.7	-	-



Рис. 4 Процесс отбора проб

Весь процесс анализа образцов производился в соответствии с документом "Методика выполнения измерений суммарного содержания полихлорированных дибензо-п-диоксинов и дибензофуранов в условиях 2,3,7,8-тетрахлордибензо-п-диоксин в пробах промышленных выбросов в атмосферу методом газовой хроматографии-масс-спектрометрии" (ПНД Ф 13.1.65-08). Этот метод допускается для целей государственного экологического контроля. Он основан на захвате ПХДД/ПХДФ от газообразных выбросов в атмосферу аэрозолей, кварцевых фильтров и полимерного сорбента XAD-2. Фильтры экстрагируют органическим растворителем. Содержание ПХДД/ПХДФ определяется сочетанием высокой производительности капиллярной газовой хроматографии и масс-спектрометрии.

Отбор проб осуществляется путем прокачки воздуха через аэрозольный фильтр с подогревом, система ловушек и XAD-2 сорбента. Объем выборки составляет 2-10 м³. Схема отбора проб приведена на Рис. 5.

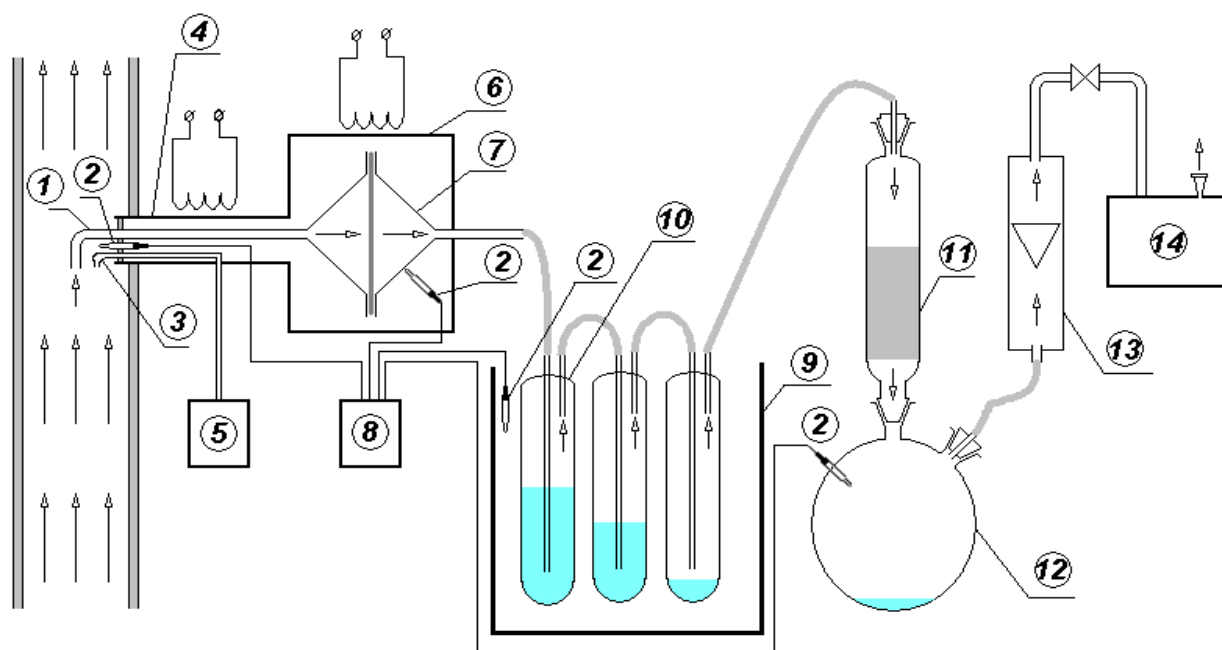


Рис. 5 *Схема отбора проб*

1 - сопло, 2 - термопара, 3 - трубка Пито, 4 - тело зонда, 5 – расходомер (или анализатор кислорода), 6 - аэрозольный фильтр термостат 7 - держатель фильтра, 8 - тестер температуры и регуляторов, 9 - термостат жидкостной ловушки, 10 - жидкостные ловушки, 11 - сорбент ХАД-2 патрона, 12 - приемник, 13 - расходомер, 14 – насос.

Экспонированный аэрозольный фильтр складывают фронтальным слоем внутрь и заворачивают в пакет из алюминиевой фольги. Картридж с ХАД-2 герметически зарываю притертыми крышками. Содержимое ловушек количественно переносят в стеклянную колбу, ополаскивают каждую ловушку ацетоном дважды и объединяют смывы с конденсатом. Хранят конденсат при температуре 4°С без доступа солнечного света. Допустима транспортировка проб при комнатной температуре при длительности транспортировки, не превышающей трое суток.

2.2 Отбор пыли

Частицы пыли (образцы 6 и 11) были отобраны с интервалом 1 час в течение двух дней. Эти образцы были отобраны из ЭЛЕКТРОФИЛЬТРА (см.

пример расположения на Рис. 3). Смешанные образцы подготовлены на основе материалов, собранных в течение 24 часов. Два образца объемом 50 см³ были взяты для анализа из каждого смешанного образца. Проба 6 была отобрана во время сжигания чистого угля, а проба 11 была отобрана во время горения угля с отходами. Эти образцы были проанализированы на содержание тяжелых металлов и содержание ПХДД/ПХДФ.

2.3 Отбор проб других загрязняющих веществ

Пробы 2 и 7 были отобраны и проанализированы на содержание сажи. Содержание сажи определялось согласно «Методике измерения массовой концентрации сажи в промышленных выбросах и воздухе рабочей зоны» (ФР.1.31.2001.00384)

2.4 Оценка газового потока при отборе проб

Скорость газа в точке отбора проб измеряли в период отбора проб с помощью трубки Пито. Результаты исследований скорости приведены в таблице 2. Схема выборки и распределения скоростей в газоходе приведена ниже на Рис. 6 и Рис. 7. Расстояние между тестовыми точками не меняется в процессе отбора пробы. Поскольку поле скоростей от точки 2 к точке 3 может изменяться за счет изменения направления трубы и забор в точке 1 имеет более или менее постоянное значение, приближение к точке 1 было использовано для расчетов.

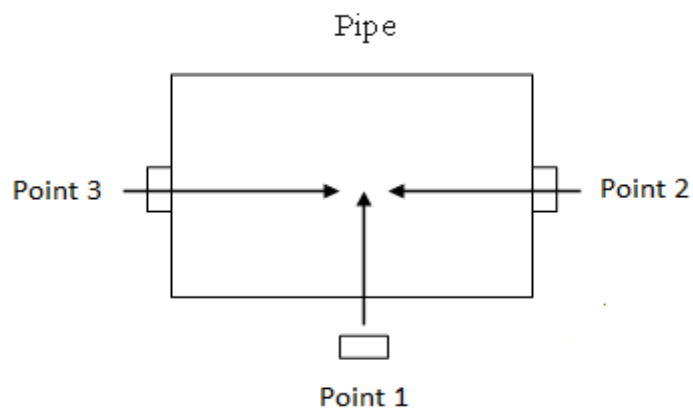


Рис. 6 Схема измерения скоростей

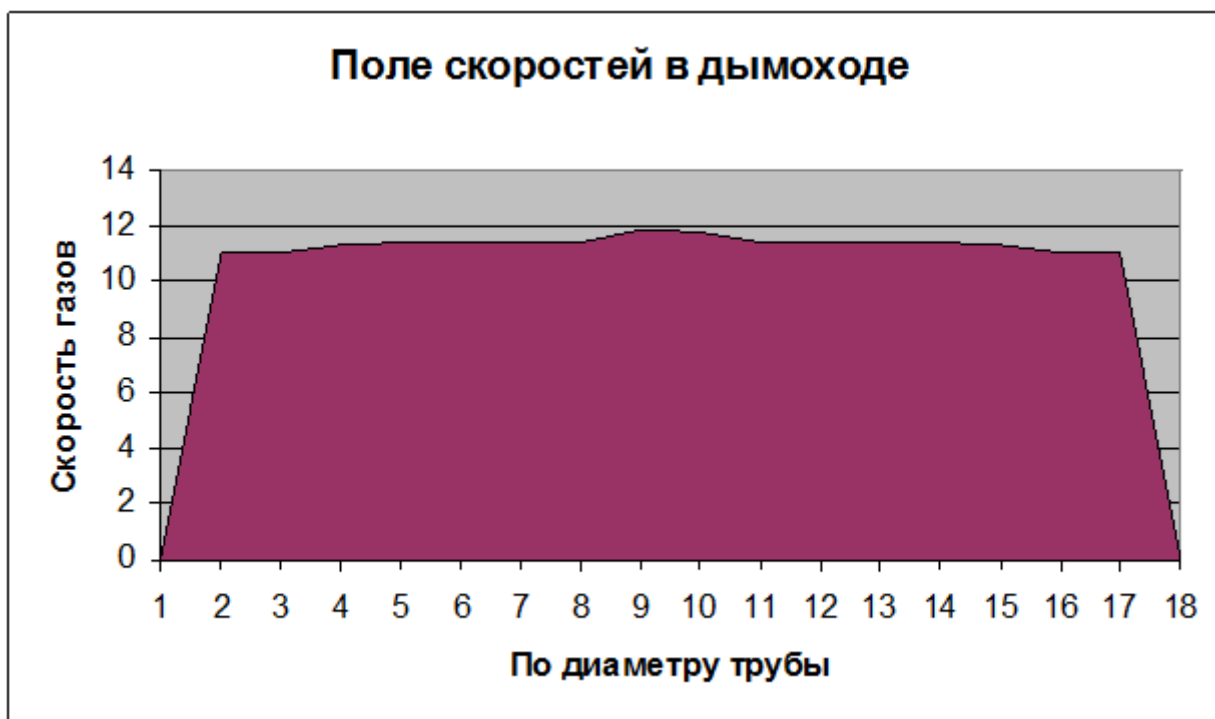


Рис. 7 Поле скоростей в газоходе

Таблица 2 Расчет поля скоростей в газоходе

ГОРИЗОНТ ТОЧКИ ОТБОРА ПРОБ											
Точка 1				Точка 2				Точка 3			
мин	макс	средн	V, м/с	мин	макс	средн	V, м/с	мин	макс	средн	V, м/с
8.5	10	9.2	12.3	9.6	10.0	9.8	12.9	0	0		
6.9	7.1	7.0	11.0	6.5	7.4	7.0	11.0	6.9	7.3	7.1	11.0
7.0	7.1	7.0	11.0	8.5	8.6	8.5	11.8	5.8	6.1	6.0	10.3
7.4	7.7	7.5	11.3	9.6	10.3	10.0	12.9	5.9	6.5	6.2	10.4
7.3	8.1	7.7	11.4	9.2	10.0	9.6	12.7	6.2	7.1	6.6	10.6
7.1	8.1	7.6	11.4	9.7	10.1	9.9	12.9	6.0	6.7	6.4	10.5
7.4	8.2	7.8	11.4	8.3	9.5	8.9	12.4	6.4	8.0	7.2	11.1
7.4	8.3	7.8	11.4	8.0	9.1	8.5	11.8	6.6	8.9	7.8	11.4
8.3	8.9	8.6	11.9	8.0	8.3	8.1	11.6	7.8	8.5	8.2	11.7
8.1	8.8	8.4	11.8								
Vmed = 11.3 м/с				Vmed = 12.1 м/с				Vmed = 10.8 м/с			

Средняя скорость в газоходе $V_{med} = 11.4$ м/с. Эти данные были использованы для обработки результатов тестирования. Диаметр дымохода в месте отбора проб был 2.19 м.

Нормализованный расход газа при отборе проб был рассчитан следующим образом:

Средняя скорость в газоходе $V_{med} = 11.4$ м/с, где:

V_T - объемный расход выхлопных газов при рабочей температуре T °С, м³/ч;

P - рабочее давление во время отбора проб, мм РТ. ст.;

T - температура отработанных газов, °С.

где:

W - скорость потока газа (газ-воздух) в воздуховоде, м/с;

F - площадь сечения воздуховода, м². ($D = 2.19$ м)

Нм³ определяется для следующих условий: 101,325 кПа (=1атм), 273,15 К сухого газа и 11% кислорода.

Объем газового потока при нормальных условиях, рассчитанный с учетом температуры выхлопных газов и давления, представлен в таблице 3.

Таблица 2 Расчет нормированного расхода газа

	165-09-14 (1)	166-09-14 (2)	167-09-14 (4)	168-09-14 (7)	169-09-14 (8)	170-09-14 (9)
W , м/с	11.40	11.40	11.40	11.40	11.40	11.40
F , м ²	3.764	3.764	3.764	3.764	3.764	3.764
V_t , м ³ /с	42.91	42.91	42.91	42.91	42.91	42.91
P , мм РТ.ст. $760 + P_{add}$	760 + 89 = 846.00	760 + 72 = 832.00	760 + 76 = 836.00	760 + 96 = 856.00	760 + 96 = 856.00	760 + 89 = 846.00
t , °С	225.20	216.20	216.00	218.40	218.40	216.30
$273+t$	498.20	489.20	489.00	491.40	491.40	489.30
V_n , Нм ³ /с	26.17	26.21	26.35	26.85	26.85	26.65

P_{add} – представлены в протоколах НПО "Тайфун".

T , °С – по данным температурных режимов печи.

Данные таблицы 3 используются в дальнейших расчетах суммарных выбросов и фактора эмиссии.

2.5 Методы анализа и использованный инструментарий

Как уже упоминалось, анализ образцов проб газа был выполнен в соответствии с документом "Методика выполнения измерений суммарного содержания полихлорированных дибензо-п-диоксинов и дибензофуранов в условиях 2,3,7,8-тетрахлордибензо-п-диоксин в пробах промышленных выбросов в атмосферу методом газовой хроматографии-масс-спектрометрии" (ПНД Ф 13.1.65-08). Это означает, что образцы были разделены на фильтр и конденсат и полученные результаты приведены в виде суммы двух частей.

Анализ проводился на масс-спектрометрической системе. Мы использовали хромато-масс-спектрометр с двойной фокусировкой DFS высокого разрешения (Рис. 8).



Рис. 8 *Масс-спектрометр DFS высокого разрешения*

Данное устройство построено на современной платформе. Оно обеспечивает высокую чувствительность, низкие пределы обнаружения и высокую степень автоматизации. Конструкция устройства обеспечивает отсутствие aberrаций изображения в анализатор. Это достигается за счет

двойной системой фокусировки, основанной на высокой точности тороидального электростатического и магнитного анализаторов.

Метод, описанный в документе РД 52.04.186-89, Приложение. 5.3.8 части. I, раздел 4.4, используется для определения содержания сажи. Для анализа были использованы следующие устройства: анализатор углерода ТОС-Л ДНС, модуль ССМ-5000А.

Метод, описанный в документе ПНД Ф 16.1: 2.2: 2.3: 3.36-2002, РД 52.18.685-2006 использовался для определения металлов в твердом остатке. Для этого были использованы следующее устройство: VarianAA 140 AASPerkinElmerZ-3030.

3 Результаты и их оценка

Перечень соединений, измеряемых в пробах, приведен в приложении 4А. Все протоколы с результатами аналитической обработки атмосферного воздуха и твердого остатка образцов приведены в приложении 4А.

3.1 Технологические параметры при отборе проб

3.1.1 Характеристика производства цемента при отборе проб

Объем выпускаемой в ходе отбора проб продукции

В таблице 4 представлены данные об объемах производства клинкера в процессе выборки 3-6 сентября 2014.

Таблица 3 Объем производства клинкера на момент отбора проб

Дата	Смена	Время	Объем, т	Суточный объем, т
03.09.2014	1	8-00	33.4	400.6
		10-00	33.4	
		12-00	33.4	
		14-00	33.6	
		16-00	33.0	
		18-00	33.0	
	2	20-00	33.4	
		22-00	33.6	
		24-00	33.6	
		2-00	33.4	
		4-00	33.4	
		6-00	33.4	
04.09.2015	1	8-00	33.6	403.30
		10-00	33.6	
		12-00	33.6	
		14-00	33.6	
		16-00	34.1	
		18-00	33.4	
	2	20-00	33.6	
		22-00	33.6	
		24-00	33.6	
		2-00	33.6	
		4-00	33.6	
		6-00	33.4	
05.09.2015	1	8-00	33.4	398.30
		10-00	33.0	
		12-00	33.4	
		14-00	33.4	
		16-00	33.4	
		18-00	33.3	
	2	20-00	33.0	
		22-00	33.2	
		24-00	33.2	
		2-00	33.0	

Дата	Смена	Время	Объем, т	Суточный объем, т
06.09.2015	1	4-00	33.0	401.40
		6-00	33.0	
		8-00	33.2	
		10-00	33.4	
		12-00	33.6	
		14-00	33.6	
		16-00	33.6	
		18-00	33.6	
	2	20-00	33.6	
		22-00	33.4	
		24-00	33.4	
		2-00	33.4	
		4-00	33.6	
		6-00	33.0	

Средний объем производства клинкера за 24 часа составил 400,9 т.

Температурный режим, существовавший во время отбора проб

Данные температурных режимов работы печи в ходе отбора проб приведены ниже в таблице 5. Результаты даны с интервалом в 30 минут.

Таблица 4 Температурный режим работы печи

Дата	Время	Ref.	Значение	Разрежение на входе в эл. фильтр, мм рт. ст.	Разрежение на выходе из эл. фильтра, мм рт. ст.	Температура на входе в эл. фильтр, °С	Температура на выходе из эл. фильтра, °С	Температура на выходе из печи, °С
1	2	3	4	5	6	7	8	9
03.09.2014	15:10:23	1	58.8	58.8				
03.09.2014	15:10:23	2	61.7		61.7			
03.09.2014	15:10:23	3	229.2				229.2	
03.09.2014	15:10:23	4	227.5					227.5
03.09.2014	15:11:13	5	300.5			300.5		
03.09.2014	15:30:31	3	227.5				227.5	
03.09.2014	15:30:31	4	225.3					225.3
03.09.2014	15:30:31	2	62.4		62.4			
03.09.2014	15:30:31	1	69.8	69.8				
03.09.2014	15:31:21	5	290.8			290.8		
03.09.2014	16:00:43	3	231.8				231.8	
03.09.2014	16:00:43	4	222.9					222.9
03.09.2014	16:00:43	1	65	65				
03.09.2014	16:00:43	2	56.7		56.7			
03.09.2014	16:01:33	5	292.6			292.6		
03.09.2014	16:30:51	3	222.4				222.4	
03.09.2014	16:30:51	2	58.5		58.5			
03.09.2014	16:30:51	1	66.9	66.9				
03.09.2014	16:31:41	5	307.1			307.1		
Проба 1								среднее значение = 225.2

Дата	Время	Ref.	Значение	Разрежение на входе в эл. фильтр, мм рт. ст.	Разрежение на выходе из эл. фильтра, мм рт. ст.	Температура на входе в эл. фильтр, °С	Температура на выходе из эл. фильтра, °С	Температура на выходе из печи, °С
1	2	3	4	5	6	7	8	9
03.09.2014	17:00:58	2	60.3		60.3			
03.09.2014	17:00:58	3	224.4				224.4	
03.09.2014	17:00:58	4	218.6					218.6
03.09.2014	17:00:58	1	70.9	70.9				
03.09.2014	17:01:49	5	309.6			309.6		
03.09.2014	17:31:09	1	73.2	73.2				
03.09.2014	17:31:09	2	60.9		60.9			
03.09.2014	17:31:09	3	221.5				221.5	
03.09.2014	17:31:09	4	216.1					216.1
03.09.2014	17:31:59	5	290.7			290.7		
03.09.2014	18:00:21	3	221.7				221.7	
03.09.2014	18:00:21	4	213.8					213.8
03.09.2014	18:00:21	1	67.6	67.6				
03.09.2014	18:00:21	2	61.5		61.5			
03.09.2014	18:01:11	5	286.4			286.4		
Проба 2								среднее значение = 216.2
04.09.2014	9:50:51	1	67.8	67.8				
04.09.2014	9:50:51	2	63		63			
04.09.2014	9:50:51	3	208.8				208.8	
04.09.2014	9:50:51	4	222.5					222.5
04.09.2014	10:30:09	5	300.7			300.7		
04.09.2014	10:31:08	4	221.5					221.5
04.09.2014	10:31:08	3	202.7				202.7	
04.09.2014	10:31:08	2	59.4		59.4			
04.09.2014	10:31:08	1	61	61				
04.09.2014	11:00:20	5	297.3			297.3		
04.09.2014	11:01:17	2	60.2		60.2			
04.09.2014	11:01:17	3	200.5				200.5	
04.09.2014	11:01:17	4	219					219.0
04.09.2014	11:01:17	1	60	60				
04.09.2014	11:01:20	5	297.1			297.1		
Проба 3								среднее значение = 221.0
04.09.2014	11:30:25	4	215.5					215.5
04.09.2014	11:30:27	5	289.6			289.6		
04.09.2014	11:31:25	3	200.8				200.8	
04.09.2014	11:31:25	4	215.3					215.3
04.09.2014	12:00:34	1	64.2	64.2				
04.09.2014	12:00:34	2	59.4		59.4			
04.09.2014	12:00:34	3	208.4				208.4	
04.09.2014	12:00:34	4	217.3					217.3
04.09.2014	12:30:46	3	216.1				216.1	
Проба 4								среднее значение

Дата	Время	Ref.	Значение	Разрежение на входе в эл. фильтр, мм рт. ст.	Разрежение на выходе из эл. фильтра, мм рт. ст.	Температура на входе в эл. фильтр, °С	Температура на выходе из эл. фильтра, °С	Температура на выходе из печи, °С
1	2	3	4	5	6	7	8	9
								= 216.0
04.09.2014	12:30:46	4	228					228.0
04.09.2014	12:30:48	5	289.8			289.8		
04.09.2014	13:00:52	4	230					230.0
04.09.2014	13:00:52	1	62.4	62.4				
04.09.2014	13:00:52	2	59.3		59.3			
04.09.2014	13:00:52	3	209.8				209.8	
04.09.2014	13:30:00	5	282.9			282.9		
04.09.2014	13:30:59	3	211.2				211.2	
04.09.2014	13:30:59	4	229.1					229.1
04.09.2014	13:30:59	2	59.6		59.6			
04.09.2014	13:30:59	1	66.9	66.9				
Проба 5								среднее значение = 229.1
04.09.2014	14:00:06	4	225.3					225.3
04.09.2014	14:00:09	5	288.8			288.8		
04.09.2014	14:01:06	3	209.5				209.5	
04.09.2014	14:01:06	2	58.6		58.6			
04.09.2014	14:01:06	1	61.3	61.3				
06.09.2014	9:50:00	3	226.2				226.2	
06.09.2014	9:50:00	4	214.5					214.5
06.09.2014	9:50:00	2	63.8		63.8			
06.09.2014	9:50:00	1	69.7	69.7				
06.09.2014	9:50:14	5	276			276		
06.09.2014	10:31:18	4	216.2					216.2
06.09.2014	10:31:18	3	226.1				226.1	
06.09.2014	10:31:18	2	60.2		60.2			
06.09.2014	10:31:18	1	73.5	73.5				
06.09.2014	10:31:32	5	290.3			290.3		
06.09.2014	11:01:27	2	58.8		58.8			
06.09.2014	11:01:27	3	231.5				231.5	
06.09.2014	11:01:27	4	218					218
06.09.2014	11:01:27	1	63.6	63.6				
06.09.2014	11:01:41	5	291.6			291.6		
06.09.2014	11:30:35	1	59.2	59.2				
06.09.2014	11:30:35	2	58.8		58.8			
06.09.2014	11:30:35	3	230.4				230.4	
06.09.2014	11:30:35	4	216.5					216.5
06.09.2014	11:30:49	5	291.9			291.9		
Проба 9								среднее значение = 216.3
06.09.2014	12:00:44	1	58.9	58.9				
06.09.2014	12:00:44	2	59.9		59.9			
06.09.2014	12:00:44	3	227.3				227.3	
06.09.2014	12:00:44	4	214.7					214.7

Дата	Время	Ref.	Значение	Разрежение на входе в эл. фильтр, мм рт. ст.	Разрежение на выходе из эл. фильтра, мм рт. ст.	Температура на входе в эл. фильтр, °С	Температура на выходе из эл. фильтра, °С	Температура на выходе из печи, °С
1	2	3	4	5	6	7	8	9
06.09.2014	12:00:58	5	287.8			287.8		
06.09.2014	12:30:55	1	68.3	68.3				
06.09.2014	12:30:55	2	60.5		60.5			
06.09.2014	12:30:55	3	231				231	
06.09.2014	12:30:55	4	215.3					215.3
06.09.2014	12:31:09	5	290.5			290.5		
06.09.2014	13:03:05	1	66.4	66.4				
06.09.2014	13:03:05	2	63.4		63.4			
06.09.2014	13:03:05	3	232.2				232.2	
06.09.2014	13:03:05	4	217.5					217.5
06.09.2014	13:03:19	5	294.5			294.5		
06.09.2014	13:30:17	1	50.9	50.9				
06.09.2014	13:30:17	2	64.5		64.5			
06.09.2014	13:30:17	3	229.2				229.2	
06.09.2014	13:30:17	4	217.4					217.4
Проба 10								среднее значение = 216.2

Топливо, используемое при сжигании, во время отбора проб

В качестве топлива в печи используется уголь каменный марки ГЖО сорта СШ, который поставляется с ш. Воршагорская (удостоверение качества - Приложение 2).

В качестве альтернативного топлива используются отходы (Приложение 3):

- 57500203 13 00 4 – покрышки с тканевым кордом отработанные (состав – синтетический каучук – 88%, текстиль – 12%);
- 57500204 13 00 4 – покрышки с металлическим кордом отработанные (состав – синтетический каучук – 87,65%, металл – 7,60%, текстиль – 4,85%);
- 17120600 13 01 3 – шпалы железнодорожные деревянные, пропитанные антисептическими средствами, отработанные и брак (состав – древесина – 90% пропитка – 10%).

Необходимо отметить, что использование именно этих альтернативных видов топлива в цементных печах разрешено и регламентируется ГОСТ Р55099 – 2012 «Ресурсосбережение» - п. 4.2.4.1. Наличие этого документа не требует специального разрешения на применение указанных отходов в

качестве альтернативного топлива. Альтернативный вид топлива использован в объеме, не превышающем 5%, и подавался в печь каждый час. Так, каждый час в печь подавалось: 0,1 т альтернативного топлива (состоящая из 0,085 т шпал и 0,015 т шин) и 1,9 т угля.

3.2 Диоксины и фураны (ПХДД/ПХДФ)

Содержание диоксинов и фуранов в пробах газа и пыли определялось НПО «Тайфун», дополнительные исследования проведены Университетом Умео, Швеция.

3.2.1 Аналитические результаты НПО «Тайфун»

Содержание ПХДД и ПХДФ определялось в пробах 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 11 (протоколы №№ 165-09-14, 166-09-14, 167-09-14, 171-09-14, 168-09-14, 169-09-14, 170-09-14, 172-09-14 соответственно). В образцах пыли 6 и 11 ПХДД и ПХДФ определяли согласно ТЗ.

Образцы 5 и 10 были отобраны и отправлены в Швецию для параллельных анализов. Образцы 3 и 12 отобраны в качестве резерва.

Диоксиновый эквивалент (DE) определяется в терминах эквивалента токсичности (TEQ). Для того чтобы получить значение эквивалента токсичности в смеси диоксинов, количество каждого вещества в смеси умножается на значение его фактора токсичности (TEF) в соответствии с таблицей 6. Сумма этих продуктов дает значение общего токсического эквивалента для образца. Для анализа используется система I-TEQ.

Таблица 5 Сравнение значений токсических эквивалентных факторов

TEQ Congener	I-TEQ	WHO-TEQ	Nordic-TEQ
Диоксины			
2,3,7,8-ТХДД	1	1	1
1,2,3,7,8-ПеХДД	0.5	1	0.5
1,2,3,4,7,8-ГкХДД	0.1	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8-ГкХДД	0.1	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9-ГкХДД	0.1	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-ГпХДД	0.01	0.01	0.01
ОХДД	0.001	0.0001	0.001
Фураны			
2,3,7,8-ТХДФ	0.1	0.1	0.1
1,2,3,7,8-ПеХДФ	0.05	0.05	0.01
2,3,4,7,8-ПеХДФ	0.5	0.5	0.5
1,2,3,4,7,8-ГкХДФ	0.1	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8- ГкХДФ	0.1	0.1	0.1
2,3,4,6,7,8- ГкХДФ	0.1	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9- ГкХДФ	0.1	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-ГпХДФ	0.01	0.01	0.01
1,2,3,4,7,8,9- ГпХДФ	0.01	0.01	0.01
ОХДФ	0.001	0.0001	0.001

Данные лаборатории НПО «Тайфун» были представлены нормализованными на содержание кислорода 11% в соответствии с российским стандартом для анализа ПХДД/ПХДФ. Однако Директива ЕС 2000/76/ЕС требует, чтобы выбросы для цементных заводов, осуществляющих совместное сжигание отходов, были нормализованы до содержания кислорода 10%. Поэтому, представленные данные нормализованы до 11% и 10%, соответственно.

Содержание ПХДД/ДФ нормируется до 11% кислорода по формуле:

$$C(11\%) = C_n (20.95-11)/(20.95-[O_2]),$$

где:

C (11%) - нормализованная концентрация ПХДД/ДФ;

C_n– измеренная концентрация в реальной ситуации;

[O₂]– концентрация кислорода во вращающейся печи при отборе проб;

(Содержание кислорода в атмосферном воздухе = 20.95).

Расчет концентрации ПХДД/ПХДФ от 11% O₂ до 10% O₂ по объему был выполнен согласно формуле:

$$C(10\%) = C(11\%) \times 10.95/9.95$$

Данные обработки образцов, представленные в таблице 7, также были нормализованы на давлении и температуру.

Для коррекции температуры использована формула:

$$Q_{\text{normT}} = Q_{\text{corr}} \times (273 / (273 + T_m))$$

Где: Q_{normT} - нормализованный объемный расход для температуры;

T_m - измеренная температура в градусах Цельсия;

Для коррекции давления использована формула:

$$C_{\text{norm}} = C_{\text{normT}} \times (P_m / 101.3)$$

Где: C_{normT} - нормализованный объемный расход;

P_m - измеряемое давление в кПа (1 кПа = 7,500637654192 ppm).

Таблица 6 Результаты анализа ПХД/ПХДФ в газовых пробах НПО "Тайфун"

Определяемый компонент	I-TEQ	Результаты НПО «Тайфун». Концентрация в ДЭ, пг/м ³											
		165-09-14 (проба 1) пг/Нм ³		166-09-14 (проба 2) пг/Нм ³		167-09-14 (проба 4) пг/Нм ³		168-09-14 (проба 7) пг/Нм ³		169-09-14 (проба 8) пг/Нм ³		170-09-14 (проба 9) пг/Нм ³	
		<i>of 10% vol.</i>	<i>of 11% vol.</i>	<i>of 10% vol.</i>	<i>of 11% vol.</i>	<i>of 10% vol.</i>	<i>of 11% vol.</i>	<i>of 10% vol.</i>	<i>of 11% vol.</i>	<i>of 10% vol.</i>	<i>of 11% vol.</i>	<i>of 10% vol.</i>	<i>of 11% vol.</i>
2,3,7,8-ТХДД	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2,3,7,8-ПеХДД	0.5	4.31	3.92	7.04	6.4	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2,3,4,7,8-ГкХДД	0.1	0.837	0.761	1.51	1.37	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2,3,6,7,8-ГкХДД	0.1	1.12	1.02	2.09	1.90	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2,3,7,8,9-ГкХДД	0.1	4.59	4.17	7.80	7.09	1.19	1.08	1.298	1.18	1.31	-	1.673	1.52
1,2,3,4,6,7,8-ГпХДД	0.01	0.851	0.773	2.03	1.85	0.414	0.376	0.181	0.165	0.184	-	0.267	0.243
ОХДД	0.001	0.0507	0.0461	0.257	0.234	0.029	0.027	-	-	-	-	-	-
2,3,7,8-ТХДФ	0.1	12.43	11.3	18.59	16.9	7.13	6.48	6.526	5.93	6.60	-	7.065	6.42
1,2,3,7,8-ПеХДФ	0.05	1.36	1.24	2.22	2.02	0.539	0.49	0.594	0.54	0.6	-	0.589	0.535
2,3,4,7,8-ПеХДФ	0.5	33.02	30	40.0	36.35	11.88	10.8	10.18	9.25	10.3	-	12.44	11.3
1,2,3,4,7,8-ГкХДФ	0.1	10.87	9.88	16.95	15.4	3.97	3.61	2.916	2.65	2.95	-	5.183	4.71
1,2,3,6,7,8- ГкХДФ	0.1	5.39	4.90	8.91	8.10	1.89	1.72	1.365	1.24	1.38	-	1.849	1.68
2,3,4,6,7,8- ГкХДФ	0.1	8.31	7.55	14.42	13.1	2.87	2.61	1.827	1.66	1.85	-	2.784	2.53
1,2,3,7,8,9- ГкХДФ	0.1	-	-	0.367	0.334	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2,3,4,6,7,8-ГпХДФ	0.01	1.91	1.74	4.46	4.05	0.807	0.733	0.341	0.31	0.345	-	0.720	0.654
1,2,3,4,7,8,9- ГпХДФ	0.01	0.239	0.217	0.742	0.674	0.0957	0.087	-	-	-	-	0.055	0.05
ОХДФ	0.001	0.0524	0.0476	0.226	0.205	0.0303	0.0276	-	-	-	-	0.00824	0.00749
Суммарная концентрация в ДЭ, пг/Нм³		85.34	77.6	127.61	116	30.845	28.0	24.63	22.9	25.2		32.63	29.6
Другие ТХДД		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Другие ТХДФ		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Другие ПеХДД		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Другие ПеХДФ		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Другие ГкХДД		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Другие ГкХДФ		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Другие ГпХДД		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Другие ГпХДФ		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ошибка измерения ± 15%		<i>Кислород – 4.9 %; CO₂ – 9.3 %; P – 89 мм РТст.</i>		<i>Кислород – 5.2 %; CO₂ – 8.8 %; P – 72 мм РТст.</i>		<i>Кислород – 5.1 %; CO₂ – 9.0 %; P – 76 мм РТст.</i>		<i>Кислород – 4.8%; CO₂ – 9.2 %; P – 96 мм РТст.</i>		<i>Кислород – 4.8 %</i>		<i>Кислород – 5.3 %; CO₂ – 8.8 %; P – мм РТст.</i>	

Данные таблицы 7 показывают отсутствие превышения (в сумме 17 диоксин/фуран соединений) норм, рекомендованных директивой 2000/76/ЕС Европейского парламента и Совета “О сжигании отходов” (Брюссель, 4 декабря, 2000) к выбросам этого вещества - 0.1×10^{-6} мг/м³.

Протоколы 171-09-14 и 172-09-14 представляют результаты анализа твердых отходов (пыль с фильтров) образцов 6 и 11 соответственно. Выполнена аналитическая обработка проб методом: ПНД Ф-16.1:2:2:2.56-08 (ФР. 1.31.2014.17405). Результаты обработки этих образцов были представлены в [пг/г].

В таблице 8 и таблице 9 представлены данные обработки твердых отходов из фильтра.

Таблица 7 Результаты аналитической обработки пробы 6

Определяемый компонент	I-TEQ	Результаты анализа	
		Концентрация, пг/г	Концентрация I-TEQ, пг/г
2,3,7,8-ТХДД	1.0	<0.4	-
1,2,3,7,8-ПеХДД	0.5	<0.2	-
1,2,3,4,7,8-ГкХДД	0.1	<0.2	-
1,2,3,6,7,8-ГкХДД	0.1	0.27	0.027
1,2,3,7,8,9-ГкХДД	0.1	<0.2	-
1,2,3,4,6,7,8-ГпХДД	0.01	0.79	0.0079
ОХДД	0.001	0.46	0.00046
2,3,7,8-ТХДФ	0.1	0.93	0.093
1,2,3,7,8-ПеХДФ	0.05	5.43	0.271
2,3,4,7,8-ПеХДФ	0.5	0.75	0.375
1,2,3,4,7,8-ГкХДФ	0.1	2.29	0.229
1,2,3,6,7,8-ГкХДФ	0.1	0.58	0.058
2,3,4,6,7,8-ГкХДФ	0.1	<0.2	-
1,2,3,7,8,9-ГкХДФ	0.1	0.44	0.044
1,2,3,4,6,7,8-ГпХДФ	0.01	0.4	0.004
1,2,3,4,7,8,9-ГпХДФ	0.01	0.57	0.0057
ОХДФ	0.001	<0.2	-
Суммарная концентрация в ДЭ, пг/м³			1.12
Другие ТХДД	-	<1.0	-
Другие ТХДФ	-	17.5	-
Другие ПеХДД	-	<0.2	-
Другие ПеХДФ	-	10.7	-
Другие ГкХДД	-	<0.2	-
Другие ГкХДФ	-	0.79	-
Другие ГпХДД	-	0.52	-
Другие ГпХДФ	-	0.48	-

Таблица 8 Результаты аналитической обработки пробы 11

Определяемый компонент	I-TEQ	Результаты анализа	
		Концентрация, мг/г	Концентрация I-TEQ, мг/г
2,3,7,8-ТХДД	1.0	<0.4	-
1,2,3,7,8-ПеХДД	0.5	<0.2	-
1,2,3,4,7,8-ГкХДД	0.1	<0.2	-
1,2,3,6,7,8-ГкХДД	0.1	0.37	0.037
1,2,3,7,8,9-ГкХДД	0.1	0.49	0.049 7
1,2,3,4,6,7,8-ГпХДД	0.01	1.25	0.0125
ОХДД	0.001	0.9	0.0009
2,3,7,8-ТХДФ	0.1	0.84	0.084
1,2,3,7,8-ПеХДФ	0.05	2.82	0.141
2,3,4,7,8-ПеХДФ	0.5	0.43	0.215
1,2,3,4,7,8-ГкХДФ	0.1	1.28	0.128
1,2,3,6,7,8- ГкХДФ	0.1	0.33	0.033
2,3,4,6,7,8- ГкХДФ	0.1	<0.2	-
1,2,3,7,8,9- ГкХДФ	0.1	0.26	0.026
1,2,3,4,6,7,8-ГпХДФ	0.01	0.32	0.0032
1,2,3,4,7,8,9- ГпХДФ	0.01	0.32	0.0032
ОХДФ	0.001	<0.2	-
Суммарная концентрация в ДЭ, мг/г			0.73
Другие ТХДД	-	<1.0	-
Другие ТХДФ	-	17.8	-
Другие ПеХДД	-	<0.2	-
Другие ПеХДФ	-	8.41	-
Другие ГкХДД	-	<0.2	-
Другие ГкХДФ	-	0.65	-
Другие ГпХДД	-	1.40	-
Другие ГпХДФ	-	0.41	-

В таблице 7 приведены данные по общему содержанию 17 соединений ПХДД/ПХДФ.

Определим выбросы ПХДД и ПХДФ в мг /тонну продукта по формуле:

$$M[\text{мг/т продукта}] = C_{\text{norm}}[\text{мг/Нм}^3] \times V_{\text{norm}}[\text{Нм}^3/\text{с}] \times 3600 \times 24 / G$$

G – производства клинкера в т/24ч.

Таблица 9 Расчет выбросов ПХДД и ПХДФ в мг /тонну продукта

Номер пробы	Номер протокола, дата отбора пробы	Выбросы ПХДД и ПХДФ в мг/Нм ³	Vп, Нм ³ /с	Выбросы ПХДД и ПХДФ в мг/т продукта
1	165-09-14, 03.09.14	0.0776	26.17	437.67
2	166-09-14, 03.09.14	0.1160	26.21	655.24
4	167-09-14, 04.09.14	0.0280	26.35	159.01
7	168-09-14, 05.09.14	0.0229	26.85	132.51
8	169-09-14, 05.09.14	0.0174	26.85	100.69
9	170-09-14, 06.09.14	0.0296	26.65	170.01

По данным таблицы 41 “Факторы эмиссии для производства цемента” из «Унифицированного набора инструментальных средств для идентификации и количественной оценки выбросов Диоксинов и Фуранов», 2005, (подготовленный ЮНЕП по химическим веществам Женева, Швейцария) коэффициент выбросов по умолчанию для вращающихся печей с ESP и температурой 200-300 С° составляет 0.6 мкг ДЭ/т или 600 пг/т.

Таблица 10 показывает, что все выбросы в атмосферу после установки электростатического фильтра сопоставимы с коэффициентом выбросов по умолчанию.

3.2.2 Аналитические результаты Университета Умео (Швеция)

Методы, применяемые для приготовления, очистки и анализа проб подробно описаны в отчете университета Умео, представленном в Приложении 4Б.

Методы, использованные для анализа, подтверждены актуальными международными интеркалибрационными исследованиями. Анализы проводились в соответствии со шведскими и европейскими стандартами SS-EN 1948-2, -3 и -4. В работе использована техника газовой хроматографии в совокупности с масс-спектрометрией. Краткое изложение методов представлено ниже.

Приготовление образцов

В образец до экстракции вводится эталон, помеченный изотопом углерода ^{13}C . Этот эталон состоит из вещества помеченного изотопом с теми же характеристиками, что и анализируемый образец, но с другим молекулярным весом. Затем производится экстракция образца методом Соклета в толуоле в течение 16 часов.

Очистка образцов

Очистка полихлорированных дибензо-п-диоксинов (ПХДД) и полихлорированных дибензофуранов (ПХДФ) выполнялась, на первом этапе с помощью многоступенчатой колонки с диоксидом кремния, затем с

помощью базовой колонки с оксидом алюминия и, наконец, с помощью угольной колонки.

Проведение анализов

Анализ был проведен с использованием газовой хроматографии (ГХ) в сочетании с масс-спектрометрией (МС). Использовался масс-спектрометр Waters Autospec Ultima с высоким разрешением. Разделение веществ выполнялось при помощи газовой хроматографии, а обнаружение и количественную оценку проводили с помощью масс-спектрометра. В масс-спектральном анализе, обнаружение веществ с различными атомными массами осуществляется селективным способом. Этот метод дает возможность использовать соединения, обогащенные искусственным изотопом углерода ^{13}C , в качестве эталонов. Таким образом, выполнялось сравнение отношения содержания естественных соединений к содержанию соединений, обогащёнными изотопами ^{13}C , для пробы и соответствующего отношения для эталона. Следовательно, ошибка, полученная за счет потенциальных потерь при очистке, могла быть легко скомпенсирована.

Погрешность измерения, принятая в отчете, ограничена пределом количественного определения (ПКО), определяемым как сигнал, превышающий в десять раз уровень шума. В аналитических отчетах, где этот критерий не соблюдается, значения содержаний соединений, дается курсивом. В промежутке значений сигнала между тремя и десятью уровнями шума, погрешность измерения возрастает, но значения по-прежнему обеспечивают ценный вклад в результаты и расчеты.

Расчет эквивалента токсичности (ТЕQ) проводили, аналогично описанию расчетов, выполненных НПО «Тайфун». Во многих случаях все диоксины и фураны не могут быть обнаружены или измерены количественно, и поэтому эквивалент токсичности часто рассчитывается для трех уровней:

- 1) нижний предел концентрации (нижняя граница), где результаты ниже ПКО установлены равными нулю;

2) средняя концентрация (средняя граница), где результаты ниже ПКО установлены равными 1/2 ПКО

3) верхний предел концентрации (верхняя граница), где результаты ниже ПКО приравниваются к ПКО.

В тех случаях, когда определяются все соединения, значения токсического эквиваленты для трех уровней совпадают. В результатах анализа присутствует таблица со столбцом под названием "I-TEQ", в котором отражен процент вклада в суммарный токсический эквивалент, рассчитанный с использованием верхней границы.

Нормализация проводилась также как и для проб, на основе среднего значения по серии.

Внутренние эталоны, добавленные в пробу перед экстракцией и в экстракт перед очисткой, содержали:

2,3,7,8 ¹³ C- ТХДФ	2,3,4,6,7,8 ¹³ C-ГкХДФ
2,3,7,8 ¹³ C- ТХДД	1,2,3,4,7,8 ¹³ C-ГкХДД
1,2,3,7,8 ¹³ C-ПеХДФ	1,2,3,6,7,8 ¹³ C-ГкХДД
2,3,4,7,8 ¹³ C- ПеХДФ	1,2,3,7,8,9 ¹³ C-ГкХДД
1,2,3,7,8 ¹³ C- ПеХДД	1,2,3,4,6,7,8 ¹³ C-ГпХДФ
1,2,3,4,7,8 ¹³ C-ГкХДФ	1,2,3,4,7,8,9 ¹³ C-ГпХДФ
1,2,3,6,7,8 ¹³ C-ГкХДФ	1,2,3,4,6,7,8 ¹³ C-ГпХДД
1,2,3,7,8,9 ¹³ C- ГкХДФ	¹³ C-ОХДФ и ¹³ C-ОХДД

Ниже представлен список эталонов, добавляемых в пробы для проведения масс-спектрометрии и газовой хроматографии: 1,2,3,4 ¹³C – ТХДД; 1,2,3,4,6 ¹³C- ПеХДФ; 1,2,3,4,6,9 ¹³C- ГкХДФ; 1,2,3,4,6,8,9 ¹³C- ГпХДФ и 1,2,3,4,6,7,8 ¹³C- ГпХДД.

Погрешность измерения для аналитических методов была определена в соответствии с руководством "Количественная неопределенность в аналитических измерениях", Eurachem, СИТАС, 2012. Погрешность измерения для образцов, связанных со сгоранием составляет ± 29%.

Результаты

Все результаты работы представлены в приложении 4Б. Сводка результатов представлена в Таблица 10,

Таблица 11 и Таблица 12 ниже.

Таблица 10 Концентрации ПХДД и ПХДФ (I-TEQ) в пробах

Проба №	11	06	05	10	05	10
Тип пробы	Пыль	Пыль	Фильтр	Фильтр	Газ	Газ
Значение	2,96 г	3,17 г	-	-	-	-
Единица измерения	пг/г	пг/г	нг/проба	нг/проба	нг/м ³	нг/м ³
I-TEQ (нижняя граница)	0,03	0,07	0	0	0,024	0,031

Таблица 11 Сравнение результатов анализов газа на содержание ПХДД и ПХДФ проведенных НПО «Тайфун» и университетом Умео

№	Дата пробоотбора	Топливо (альт. = альтернативное топливо)	Тип	Концентрация (нг I-TEQ/Нм ³)	
				По данным НПО «Тайфун»	По данным Университета Умео
4	04.09.14	Уголь	Всего	0,038	-
5	04.09.14	Уголь	Конденсат	-	0,024
		Уголь	Фильтр	-	0
		Уголь	- Всего	-	0,024
9	06.09.14	Уголь + альт.	Всего	0,033	-
10	06.09.14	Уголь + альт.	Конденсат	-	0,031
		Уголь + альт.	Фильтр	-	0
		Уголь + альт.	- Всего	-	0,031

Таблица 12 Сравнение результатов анализов пыли на содержание ПХДД и ПХДФ проведенных НПО «Тайфун» и университетом Умео

№	Дата пробоотбора	Топливо (альт. = альтернативное топливо)	Тип	Концентрация (пг I-TEQ/г пыли)	
				По данным НПО «Тайфун»	По данным Университета Умео
6	04-05.09.14	Уголь	Частицы (пыль)	1,12	0,07
11	06-07.09.14	Уголь + альт.	Частицы (пыль)	0,73	0,03

Обсуждение аналитических результатов обработки проб

Анализ отработанных газов показал, что по результатам, полученным в Университете Умео, диоксины на фильтрах не обнаруживаются. Анализы содержания диоксинов в отработанных газах, проведенные НПО «Тайфун» и Университетом Умео, дают близкие результаты. По полученным данным содержание диоксинов находится в диапазоне от 0,024 до 0,038 нг/нм³ (I-TEQ), причем зависимости между содержанием диоксинов и добавления к углю альтернативного топлива не прослеживается. Данный уровень

содержания диоксинов является приемлемым для цементного производства, однако следует отметить, что существуют много примеров цементного производства со значительно более низким уровнем выбросов. Таким образом, даже с учетом приемлемого уровня выбросов диоксинов и фуранов, существует возможность для дальнейшего сокращения выбросов.

Результаты анализов на содержание диоксинов в пробах пыли показывают некоторое сходство. Тот факт, что по данным Университета Умео содержание диоксинов в 15-25 раз меньше, чем по результатам НПО Тайфун может объясняться тем, что в обоих случаях расчёты осуществлялись на основе оценки нижней границы. Это означает, что результаты для всех диоксинов и фуранов, содержание которых ниже нижней границы обнаружения, установлены равными нулю. Нижние границы обнаружения, заявленные лабораториями, сильно отличаются, и это может быть основной причиной расхождений. Если проводить вычисления при усредненном значении нижней границы обнаружения, результаты для пробы №6 будут 1,0 и 0,8 мкг/г по данным НПО «Тайфун» и Университета Умео соответственно и для пробы 11 - 1,4 и 2,5 мкг/г по данным НПО «Тайфун» и Университета Умео соответственно. Кроме того, можно отметить, что при сжигании смеси угля с альтернативным топливом содержание диоксинов меньше, чем при сжигании только одного угля и по результатам НПО «Тайфун» и по результатам Университета Умео. Конечно, достаточно сложно сделать определенный вывод на основе ограниченного числа образцов. Однако с другой стороны, приведенные результаты не показывают, увеличения содержания диоксинов при применении смеси угля с альтернативным топливом.

3.3 Тяжелые металлы

Предварительно предусмотренные замеры выбросов тяжелых металлов при работе цементной печи № 2 не были произведены до установки фильтра в 2014 г. Кроме этого, разрешительная документация на выбросы загрязняющих веществ цементным заводом не содержит

данных по этим веществам. Именно поэтому в докладе дается оценка текущей ситуации только на момент исследования 3-6 сентября 2014.

Содержание тяжелых металлов в твердом остатке было определено в образцах 6 и 11 (получены из фильтра). Как указывалось выше, проба 6 была собрана в ходе обычного сжигания топлива - угля, образец 11 - в процессе совместного сжигания угля и альтернативного топлива.

Результаты анализа проб приведены в таблице 14.

Таблица 13 Результаты количественного химического анализа содержания металлов в пробах (мг/кг сухого веса)

№ пробы	Pb	Cd	Sb	As	Cr	Co	Cu	Mn	Ni	V	Tl	Hg
6	368	0.36	<1.00	37.2	80.8	4.45	103	415	58.0	90.7	0.74	0.062
11	557	0.29	<1.00	59.3	76.8	6.93	106	242	63.2	92.1	0.63	0.148

Результаты предполагают потенциальные выбросы тяжелых металлов Воркутинским цементным заводом во время производства цемента. Большая часть тяжелых металлов имеет тенденцию к окислению или адсорбции на поверхности твердых частиц, с последующим их улавливанием в электрофильтре. Однако, при температуре рабочей печи ртуть в газообразной форме в своей основной массе обычно выбрасывается в атмосферу минуя электрофильтр. Таким образом предоставленные цифры выражают исключительно следовые количества металла.

Пробы пыли были отобраны 13 ноября 2013 года для определения класса опасности остатков (отходов) на фильтре. Расчетным методом определен 3-й класс опасности отхода (см. Приложение 6).

Собираемая с фильтра пыль обезвреживается, утилизируется и используется в процессе производства цемента.

3.4 Сажа

В данном отчете предлагается рассматривать выбросы сажи как эквивалент выбросов черной сажи в соотношении 1:1. В настоящее время в Российской Федерации нет ни официально принятого определения Черной Сажи, ни соответствующей методики измерений/оценки. Более того, в

данном отчете понятия «сажа» и «Черная сажа» используются заменяя друг друга.

Выброс сажи в газоход после ЭЛЕКТРОФИЛЬТРА EGBM1-25-9-6-4 был измерен в образцах 2 и 7. Результаты измерения содержания сажи приведены в протоколе количественного химического анализа № 173-098-14. Моделирование локальной дисперсии пыли дополнительно представлено в разделе 4.2.

Таблица 14 Результаты анализа содержания сажи (технический углерод) в образцах газов

№ п/п	Код пробы НПО «Тайфун»	Сажа (нормированная на кислород 10%), мг/Нм ³	Ошибка измерения, %
1	Газоход после фильтра ESPEGBM1 25-9-6-4. Проба №2	0.135	2.0
2	Газоход после фильтра ESP EGBM1 25-9-6-4. Проба №7	0.347	2.0

Валовой выброс сажи на тонну продукции от ВЦЗ:

Образец № 2 = $0.135 \text{ мг/Нм}^3 \times 26.21 \text{ Нм}^3/\text{с} \times 3600 \times 24 / 400.9 \text{ тонн} = 762.57 \text{ мг/тонну}$.

Образец № 7 = $0.347 \text{ мг/Нм}^3 \times 26.85 \text{ Нм}^3/\text{с} \times 3600 \times 24 / 400.9 \text{ тонн} = 2007.94 \text{ мг/тонну}$.

Согласно этим данным выбросы черного углерода увеличиваются более чем в два раза, если используется альтернативное топливо.

3.5 Пыль

В ходе работы, проведенной на Воркутинском цементном заводе с 3 по 6 сентября, в отобранных пробах содержание пыли не определялось. Однако существуют некоторые данные в материалах, предоставленных администрацией завода. Эти данные были получены в ходе плановых проверок установленных нормативов выбросов для завода и подготовки проекта предельных допустимых выбросов (ПДВ) для Воркутинского цементного завода. Данные из этого проекта используется для расчета компенсационной стоимости, вносимой заводом за загрязнение окружающей среды.

В таблице 16 приведены данные контент-анализа пыли.

Таблица 15 Выбросы пыли до и после установки электрофильтра (ESP)

Дата отбора пробы	Август 14, 2013	Август 26, 2013	Ноябрь 12, 2013		Май 26, 2014	
Наличие фильтра	нет	да	да	да	да	да
Место отбора пробы		После ESP	Перед ESP	после ESP	Перед ESP	После ESP
Выброс, г/с	354.708	14.430	459.799	13.546	627.176	8.228
Выброс, мг/м ³	11381.45	334.87	-	662.49	17412.70	397.50
Выброс, кг/час	1276.940	51.950		48.765		29.620
Выброс, цемента * г/тонну	76463.47	3110.78		2920.06		1773.65

* Производство цемента составляет 16.7 т/час.

Общий выброс пыли в атмосферный воздух ВЦЗ

Годовой выброс пыли ВЦЗ был определен при инвентаризации объектов, эксплуатация которых связана с выбросами в атмосферный воздух.

Выбросы пыли (до 20% окиси кремния (SiO₂)) в 2013 году составили 129.816 тонн (по данным статистической отчетности завода. Производство цемента в 2013 году составило 160 000 тонн. Таким образом, выбросы пыли на тонну цемента был $129.816:160000 = 0.00081135$ т/т и 811.35 г/т. Эта оценка основывается на официальных статистических данных и дает наиболее правильные усредненные значения выбросов пыли на тонну произведенного цемента.

Эффективность системы ESP

Воздух, используемый в производственном цикле, невозможно очистить до качества оригинала из-за необратимости реальных процессов. Таким образом, очистные сооружения не могут защитить биосферу от промышленных выбросов. Мы можем говорить только о снижении уровня загрязнения.

Для оценки эффективности очистки воздуха используется санитарно-гигиенический метод. Он основывается на сравнении достигнутого уровня очистки с установленными гигиеническими нормативами (предельно допустимая концентрация).

Измерения, проведенные на ВЦЗ 12 ноября 2013 года, после установки фильтра, показали, что выбросы пыли снижены с 459.799 г/с, до 13.546 г/с. Эффективность фильтра составила 97,05%. При измерениях 26 мая 2014 эффективность фильтра - 98,69%. Фактический объем сокращения выбросов пыли в 2013 году (по данным статистических отчетов) по сравнению с 2012 годом составил 7224.904 тонн.

Поскольку изучение выбросов диоксинов и фуранов выполнено только после установки фильтра, экологическая эффективность этого действия оценивается только по выбросам пыли неорганической (до 20% SiO_2), код 2909. Установка ESP фильтра на вращающейся печи № 2 на Воркутинском цементном заводе должна была привести к сокращению выбросов, в том числе, и пыли неорганической (до 20% окиси кремния (SiO_2)).

Актуальность данной проблемы обусловлена негативным влиянием SiO_2 на окружающую среду и человека. Это вещество очень опасно для человека, поскольку приводит к развитию силикоза. Силикоз - наиболее частое заболевание легких, вызванное вдыханием пыли, содержащей SiO_2 .

Экономические выгоды для завода заключаются в уменьшение платежей за загрязнение атмосферного воздуха.

Моделирование локальной дисперсии пыли приводится дополнительно в разделе 4.1.

4 Моделирование рассеяния загрязняющих веществ

4.1 Моделирование локального рассеивания пыли

Моделирование выполнено на основе данных о выбросах, предоставленных администрацией ВЦЗ. Эти данные были получены в ходе обычных проверок выбросов и подготовки проекта предельных допустимых выбросов для Воркутинского цементного завода.

Общий объем выбросов в течение 4 дней – 5 723 кг. Общее производство цемента за тот же период – 1603.6 0 тонн (1 603 600 кг). Объем клинкера при работе завода 03.09.2014 – 400.6 т; 04.09.2014 – 403.3 т; 05.06.2014 – 398.3 т; 06.06.2014 – 401.4 т. Средний объем выпуска клинкера - 400.9 т/день.

Оценим изменение концентрации пыли неорганической (до 20% SiO₂) в жилой зоне и на границе санитарно-защитной зоны после установки фильтра.

Таблица 16 *Результаты выбросов загрязняющих веществ (источник - 0004 инвентаризации)*

Код	Наименование	Выброс	
		мг/с	т/год
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	140	3.568320
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	1909	48.656592
0330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	399	10.169712
0337	Углерод оксид	566	14.426208
2909	Пыль неорганическая: до 20% SiO ₂	13546	345.260448

Максимально разовые выбросы получены путем инструментальных измерений. Расчет валовых выбросов загрязняющих веществ, произведен в соответствии с «Методическим пособием по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух» СПб., 2005, пункт 1.4.2.

Определение валового значения выброса (т/год) выполняем по формуле:

$$M_{\text{год}} = M_{\text{к}} \cdot t \cdot 3600 \cdot 10^{-6}$$

где:

$M_{\text{к}}$ – средняя мощность выброса этого ЗВ, при к-м режиме его работы, г/сек;

t – продолжительность работы (в часах) ИЗА в k-м режиме в течение года, t = 7080.

Значения выбросов загрязняющих веществ, приведенные в таблице 17, вошли в Разрешение на выбросы загрязняющих веществ (Приказ Росприроднадзора от 16.04. 2014г. №352) в качестве достигнутых в 2013 г. и планируемых до 2017г. включительно. Общий объем выбросов твердых загрязняющих веществ, принят в объеме - 832,150881 т/год, по пыли неорганической до 20% SiO₂. Выбросы по всем веществам включены как ПДВ.

Таблица 17 Показатели выбросов загрязняющих веществ

Код	Наименование	Выброс загрязняющих веществ		
		мг/с	мг/день	мг/т цементной продукции
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	140	12096000	30172.1
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	1909	164937600	411418.3
0330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	399	34473600	85990.5
0337	Углерод оксид	566	48902400	121981.5
2909	Пыль неорганическая: до 20% SiO ₂	13546	1170374400	2919367.4

Таблица 18 Дополнительные данные о выбросах неорганической пыли, которые существовали после установки фильтра

Код	Наименование	Выбросы пыли				
		мг/с	кг/час	т/год	мг/м ³	мг/т цементной продукции
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	140	0.504	3.568320	12.32	30172.1
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	1909	6.872	48.656592	209.04	411418.3
0330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	399	1.436	10.169712	248.71	85990.5
0337	Углерод оксид	566	2.038	14.426208	336.61	121981.5
2909	Пыль неорганическая: до 20% SiO ₂	13546	48.766	345.260448	2857	2919367.4

Согласно приложению 6 к пояснительной записке проекта ПДВ, концентрация пыли неорганической до 20% SiO₂ для Воркутинского цементного завода на территории предприятия характеризовалась данными, приведенными на Рис. 9 и в таблицах 18 и 19.

Таблица 19 Тип точек и их положение на схеме (Рис. 9 отчета)

№	Координаты точек (м)		Высота (м)	Тип точки	Комментарий
	X	Y			
6	481.00	1542.00	2	на границе производственной зоны	Точка 1 из Промзона N1
7	678.95	1688.84	2	на границе производственной зоны	Точка 2 из Промзона N1
8	899.67	1414.02	2	на границе производственной зоны	Точка 3 из Промзона N1
9	1020.71	1188.35	2	на границе производственной зоны	Точка 4 из Промзона N1
10	703.86	1268.92	2	на границе производственной зоны	Точка 5 из Промзона N1
1	59.79	1811.45	2	на границе СЗЗ	Точка 1 из СЗЗ N1
2	834.20	2212.96	2	на границе СЗЗ	Точка 2 из СЗЗ N1
3	1482.23	1485.42	2	на границе СЗЗ	Точка 3 из СЗЗ N1
4	1205.80	702.85	2	на границе СЗЗ	Точка 4 из СЗЗ N1
5	317.20	951.66	2	на границе СЗЗ	Точка 5 из СЗЗ N1
11	1359.00	594.00	2	на границе жилой зоны	Точка 1 из Жилая зона N1
12	1464.08	662.31	2	на границе жилой зоны	Точка 2 из Жилая зона N1
13	1739.31	849.87	2	на границе жилой зоны	Точка 3 из Жилая зона N1
14	1889.90	570.23	2	на границе жилой зоны	Точка 4 из Жилая зона N1
15	1597.05	428.58	2	на границе жилой зоны	Точка 5 из Жилая зона N1

Таблица 20 Результаты расчета рассеяния ЗВ с использованием программы УПРЗА «Эколог»

№	Коорд. X(m)	Коорд. Y(m)	Высота (m)	Концентрация (д. ПДК)	Направление ветра	Скорость ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
6	481	1542	2	2.94	113	1.07	0.000	0.000	2
8	899.7	1414	2	1.90	280	1.07	0.000	0.000	2
9	1020.7	1188.4	2	1.59	315	2.43	0.000	0.000	2
7	679	1688.8	2	1.37	191	0.71	0.000	0.000	2
10	703.9	1268.9	2	1.25	348	0.71	0.000	0.000	2
1	59.8	1811.5	2	0.92	120	5.51	0.000	0.000	3
3	1482.2	1485.4	2	0.92	261	3.66	0.000	0.000	3
5	317.2	951.7	2	0.82	49	3.66	0.000	0.000	3
4	1205.8	702.9	2	0.75	330	3.66	0.000	0.000	3
2	834.2	2213	2	0.65	181	3.66	0.000	0.000	3
12	1464.1	662.3	2	0.62	317	8.30	0.000	0.000	4
11	1359	594	2	0.61	325	8.30	0.000	0.000	4
13	1739.3	849.9	2	0.59	300	8.30	0.000	0.000	4
15	1597.1	428.6	2	0.47	320	8.30	0.000	0.000	4
14	1889.9	570.2	2	0.44	307	12.50	0.000	0.000	4

Типы точек:

0 - расчетная точка пользователя

1 - точка на границе охранной зоны

- 2 - точка на границе производственной зоны
 - 3 - точка на границе СЗЗ
 - 4 - на границе жилой зоны
 - 5 - на границе застройки
- Вещество: 2909 Пыль неорганическая: до 20% SiO₂

Данные приведенных расчетов показывают, что при выбросе неорганической пыли в объеме 13,5467 г/сек превышений ПДК на границе СЗЗ и жилой застройки не наблюдается (подробно расчеты приведены в Приложении 5).

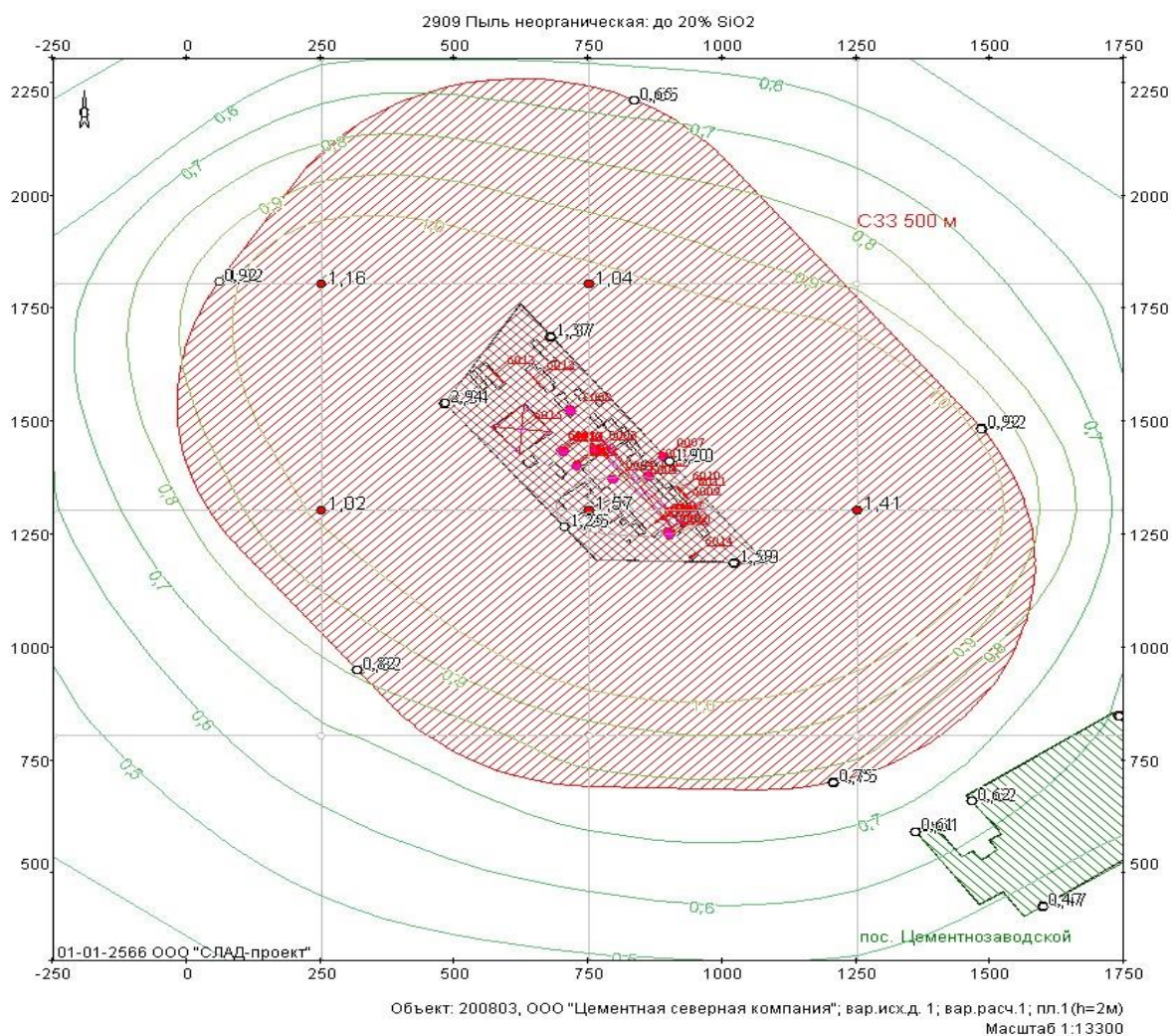


Рис. 9 Выбросы пыли неорганической после установки фильтра

Данные таблицы 21 и Рис. 10 позволяют констатировать, что установка фильтра на вращающейся печи № 2 позволила достичь значений содержания неорганической пыли ПДК <1 на границе санитарно-защитной зоны и у жилой застройки. Это основной критерий обеспечения безопасной жизнедеятельности населения в этом районе, т.к. ПДК является

установленным государством гигиеническим нормативом. Предельно допустимая концентрация (ПДК) загрязняющего вещества в атмосферном воздухе - концентрация, которая не вызывает негативного воздействия на настоящее или будущие поколения в течение всей жизни; не снижает работоспособность человека.

Данные о выбросах пыли неорганической существовавшей до установки фильтра

В протоколе измерения концентрации загрязняющих веществ от 14 августа 2013 года № 04-ВХ-13 выброс пыли неорганической составил на выходе из трубы – 354,708 г/с. Очистка газа при работе печи не осуществлялась (Приложение 5).

В протоколе измерения концентрации загрязняющих веществ от 3 апреля 2013 года № 01-ВХ-13 выброс пыли из вращающейся печи составлял 329,123 г/с, среднее значение составит 341,912 г/сек. (подробный расчет в Приложении 5).

Определим значение валового выброса (т/год) до установки фильтра по формуле:

$$M_{\text{год}} = M_c \cdot t \cdot 3600 \cdot 10^{-9}$$

где M_c - средняя интенсивность выбросов загрязнителей из источника атмосферного загрязнения в К-м режиме его эксплуатации, мг/с;

t - суммарная продолжительность (в часах) работы атмосферного источника загрязнения за год в К-м режиме в течение года, $t = 7080$ часов.

$$M_{\text{год}} = 341912 \times 7080 \times 3600 \times 10^{-9} = 8\,714\,653 \text{ т.}$$

Вычислим дисперсии для неорганической пыли в концентрации, указанной выше в протоколах. Автоматизированный расчет выполнен на ПК по единой компьютерной программе расчета приземных концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе УПРЗА "Эколог" (согласована с А. И. Воейкова).

Результаты расчетов приведены на Рис. 10 и в табл. 21а.

Таблица 21а Результаты расчета рассеяния выбросов пыли до установки фильтра

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
2	834,2	2213	2	3,86	357	3,83	0,000	0,000	3
7	679	1688,6	2	2,98	5	3,83	0,000	0,000	2
6	481	1542	2	2,74	13	5,16	0,000	0,000	2
8	899,7	1414	2	2,61	356	5,16	0,000	0,000	2
3	1482,2	1485,4	2	2,50	334	5,16	0,000	0,000	3
10	703,9	1268,9	2	2,45	342	5,16	0,000	0,000	2
9	1020,7	1188,3	2	2,30	353	5,16	0,000	0,000	2
5	317,2	951,7	2	2,00	14	5,16	0,000	0,000	3
4	1205,8	702,9	2	1,77	349	5,16	0,000	0,000	3
13	1739,3	849,9	2	1,75	335	5,16	0,000	0,000	4
12	1464,1	662,3	2	1,68	343	5,16	0,000	0,000	4
11	1359	594	2	1,65	346	5,16	0,000	0,000	4
14	1889,9	570,2	2	1,49	335	5,16	0,000	0,000	4
15	1597,1	428,6	2	1,47	342	5,16	0,000	0,000	4
1	5979	1811,5	2	0,56	281	1,06	0,000	0,000	3

Типы точек:

- 0- расчетная точка пользователя
- 1 - точка на границе охранной зоны
- 2- точка на границе производственной зоны
- 3- точка на границе СЗЗ
- 4- на границе жилой зоны
- 5- на границе застройки

Как видно из приведенных данных таблицы 21а превышение ПДК наблюдалось до установки фильтра как на границе СЗЗ, так и у жилой застройки.

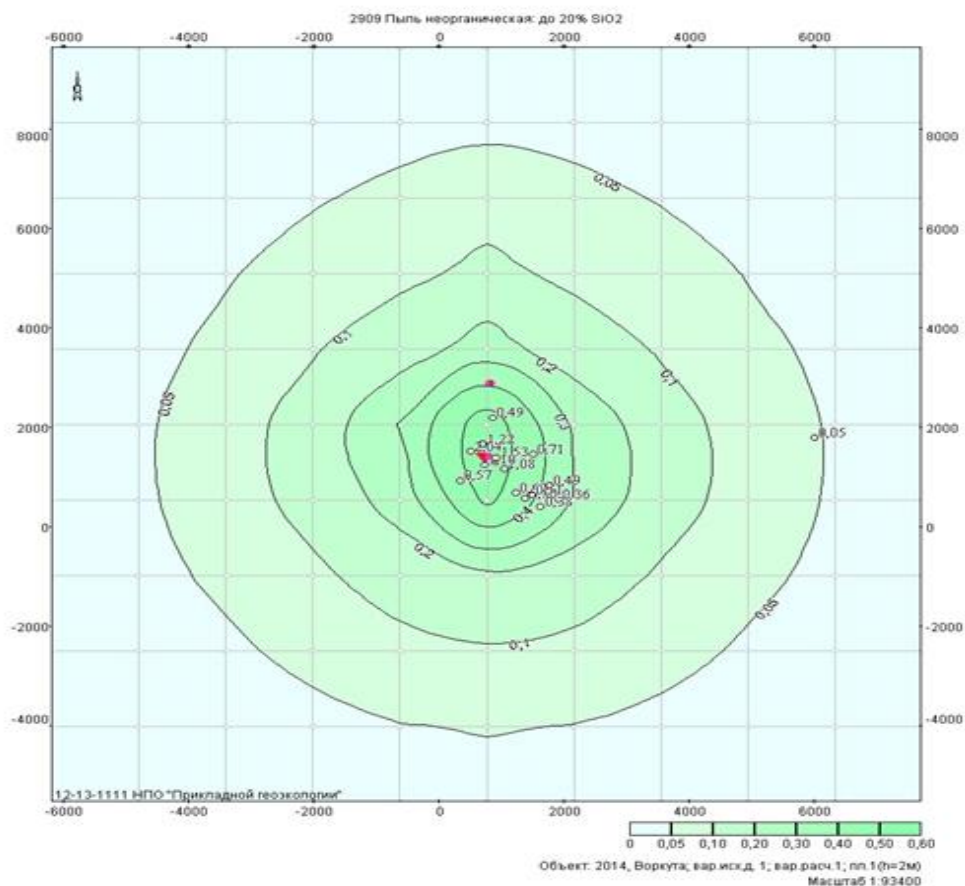


Рис. 10 Выбросы неорганической пыли на Воркутинском цементном заводе до установки фильтра

4.2 Моделирование локальной дисперсии сажи

Выбросы сажи были измерены в образце 2 при сжигании только угля, а в образце 7 – угля и альтернативного топлива в количестве не более 5%.

Данные были получены с использованием метода, описанного в РД 52.04.186-89, Приложение 5.3.8 части I, пункт 4.4; инструмент анализатор углерода ТОС-Л ДНС, модуль ССМ-5000А (Приложение 5).

Результаты аналитической обработки проб приводятся в таблице 22.

Таблица 21 Результаты определения сажи (черного углерода) в выхлопных газах испытанных образцов

№	Код пробы	Содержание сажи мг/Нм ³	Ошибка определения, %
1.	Газоход после ЭЛЕКТРОФИЛЬТРА ЕGBM1 25-9-6-4. Образец 2	0.135	2.0
2.	Газоход после ЭЛЕКТРОФИЛЬТРА ЕGBM1 25-9-6-4. Образец 7	0.347	2.0

Согласно материалам, представленным заводом и приведенной в отчете таблице 18, сажа не была включена в список веществ, выбрасываемых вращающейся печью № 2. Российское законодательство устанавливает ПДК 0,15 мг/м³ для населенных мест (ГН 2.1.6.1338-03 “Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест”, Москва, Минздрав РФ, 2003 (с последующими поправками)).

Текущая ситуация, которая отражает уровень загрязнения атмосферного воздуха без учета вращающейся печи № 2, приведена на Рис. 11. Расчеты показывают, что уровень загрязнения в жилых районах - 0 ПДК без учета вращающейся печи № 2.

Осуществляем расчет, на основе оценок выбросов образцов 2 и 7 . В расчете мы предполагаем, что максимальное содержание сажи составляет 0.347 мг/м³.

Расчет выполнен с использованием программы УПРЗА "Эколог". Контрольные точки указаны в таблице 23.

Данные остальных источников, приведены в таблице 25 расчетных параметров, основанных на проекте ПДВ (Приложение 5). Результаты расчетов приведены в таблице 24 и на Рис. 12.

Таблица 23 Результаты расчета рассеяния: (контрольные точки).

Вещество: 0328 Сажа

№	Коорд. X(м)	Коорд. Y(м)	Высота (м)	Концентр. (доли ПДК)	Направление ветра	Скорость ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
19	1205.8	702.9	2	0.02	330	5.24	0.000	0.000	3
1	1359	594	2	0.02	324	5.24	0.000	0.000	4
2	1464	662.3	2	0.02	317	5.24	0.000	0.000	4
16	59.8	1811.5	2	0.01	121	3.38	0.000	0.000	3
3	1739.3	849.9	2	0.01	298	5.24	0.000	0.000	4
20	317.2	951.7	2	0.01	49	3.38	0.000	0.000	3
17	834.2	2213	2	0.01	182	3.38	0.000	0.000	3
18	1482.2	1485.4	2	0.01	261	3.38	0.000	0.000	3
5	1597.1	428.6	2	0.01	320	5.24	0.000	0.000	4
4	1889.9	570.2	2	0.01	306	5.24	0.000	0.000	4

Результаты расчетов показали, что при использовании альтернативных видов топлива, выбросы сажи на границе СЗЗ и вблизи жилой зоны не превышают установленных нормативов 0,15 мг/м³, что хорошо видно на Рис. 12.

Таблица 24 Параметры источников выбросов сажи

Расчет:

"%" - источник рассчитывается с исключением из фона;

"+" - источник рассчитывается без исключения из фона;

"-" - источник не учитывается и его вклад исключается из фона.

Если нет пометки, то источник не учитывается.

Типы источников:

1 - точечные;

2 - линейные;

3 - неорганизованные;

4 - сочетание точечных источников, объединенных в одну область по одному для расчетов;

5 – неорганизованные с нестабильной мощностью выбросов по времени;

6 – точечных источников с горизонтальным направлением выбросов;

7 – сочетание точечных источников с горизонтальным направлением выбросов;

8 - свободные.

Учет при расч.	№ пл.	№ цеха	№ ист.	Наименование источника	Вар.	Тип	Высота ист. (м)	Диаметр устья (м)	Объем ГВС (куб.м/с)	Скорость ГВС (м/с)	Темп. ГВС (°С)	Кэф. рел.	Коорд. X1-ос. (м)	Коорд. Y1-ос. (м)	Коорд. X2-ос. (м)	Коорд. Y2-ос. (м)	Ширина источ. (м)
%	0	0	4	Вращающаяся печь №2	1	1	40,0	2,19	24,696	6,55614	278	1,0	795,0	1373,8	795,0	1373,8	0,00
Код в-ва		Наименование вещества		Выброс, (г/с)	Выброс, (т/г)	F	Лето:	См/ПДК	Xm	Um	Зима:	См/ПДК	Xm	Um			
0328		Углерод черный (Сажа)		0,3470000	8,8443360	1	0,013	616,3	3,7	0,013	626,3	3,9					
%	0	0	6012	Стоянка №1	1	3	6,0	0,00	0	0,00000	0	1,0	661,0	1578,0	636,0	1611,0	1,00
Код в-ва		Наименование вещества		Выброс, (г/с)	Выброс, (т/г)	F	Лето:	См/ПДК	Xm	Um	Зима:	См/ПДК	Xm	Um			
0328		Углерод черный (Сажа)		0,0005314	0,0006360	1	0,008	34,2	0,5	0,008	34,2	0,5					
%	0	0	6013	Стоянка №2	1	3	6,0	0,00	0	0,00000	0	1,0	589,0	1589,0	560,0	1624,0	1,00
Код в-ва		Наименование вещества		Выброс, (г/с)	Выброс, (т/г)	F	Лето:	См/ПДК	Xm	Um	Зима:	См/ПДК	Xm	Um			
0328		Углерод черный (Сажа)		0,0028347	0,0015780	1	0,042	34,2	0,5	0,042	34,2	0,5					
%	0	0	6014	Стоянка №3	1	3	3,0	0,00	0	0,00000	0	1,0	938,0	1201,0	946,0	1208,0	1,00
Код в-ва		Наименование вещества		Выброс, (г/с)	Выброс, (т/г)	F	Лето:	См/ПДК	Xm	Um	Зима:	См/ПДК	Xm	Um			
0328		Углерод черный (Сажа)		0,0058208	0,0017440	1	0,430	17,1	0,5	0,430	17,1	0,5					

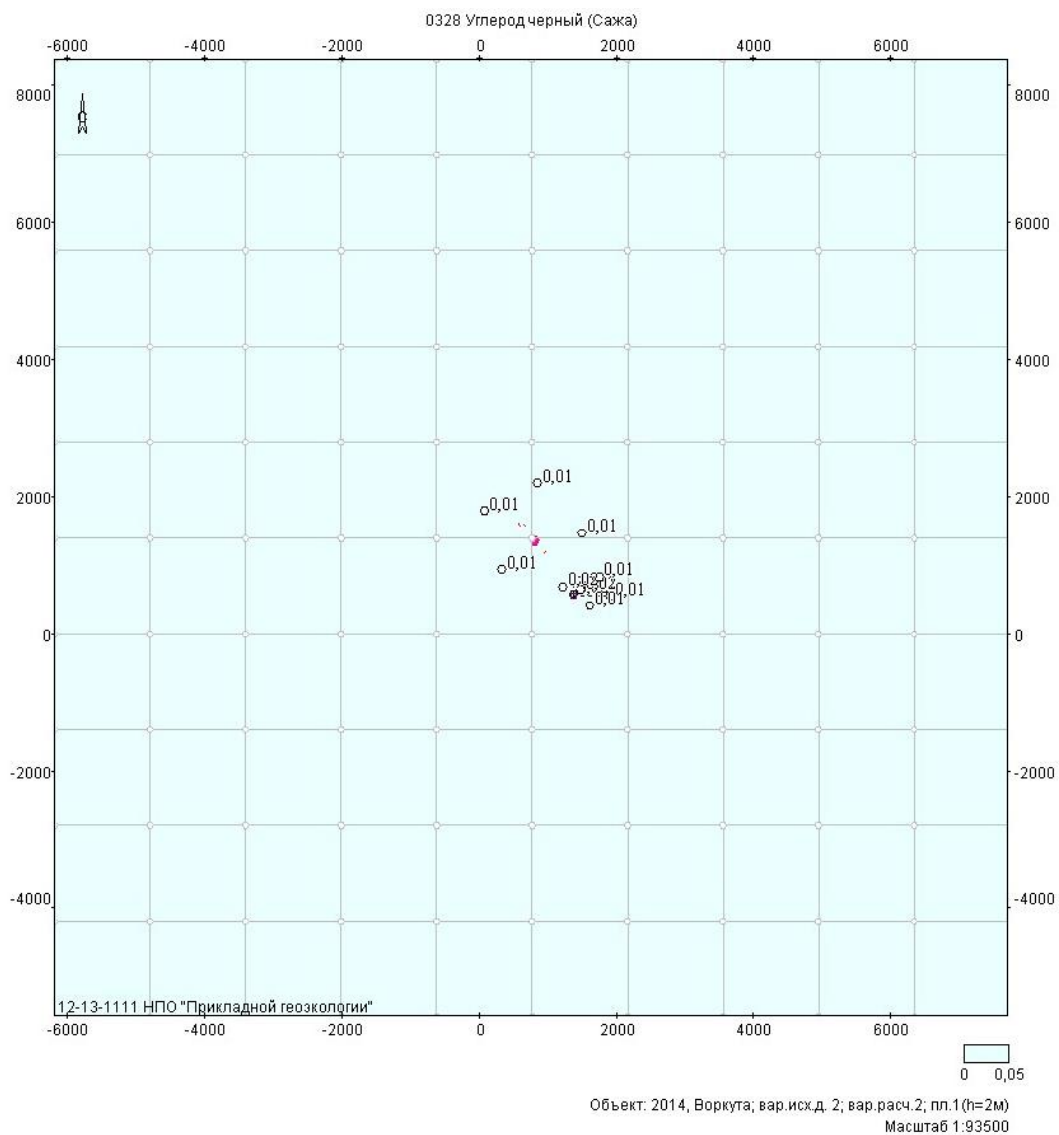


Рис. 12 Графическое представление результатов расчета рассеяния сажи после установки фильтра

Все расчеты выполнены в соответствии с руководящими документами Российской Федерации (см. ссылки: [2]-[12], [21]).

5 Выводы

Испытания, проведенные Фондом полярных исследований «Полярный Фонд» на ВЦЗ в период с 3 по 6 сентября 2014 года для оценки выбросов диоксинов и фуранов, сажи (черной сажи) и тяжелых металлов показали следующее:

1. Установка электростатического персипитатора EGBM1-25-9-6-4 на выходе вращающейся печи №2 позволила уменьшить выбросы вредных веществ в атмосферный воздух. В 2013 году (согласно статистическим отчетам) объем выбросов пыли уменьшился на 7224.904 тонн (с 11216,754 т до 3991,85 т)
2. Не обнаружено превышения приемлемых для цементного производства значений по сумме 17 соединений диоксинов и фуранов, приведенных директивой 2000/76/ЕС Европейского парламента и Совета “О сжигании отходов” (Брюссель, 4 декабря, 2000) по всем образцам, за исключением пробы №2. В день отбора пробы №2 уголь сжигался в печи без добавления альтернативного топлива.
3. Применение отходов в качестве альтернативного топлива не приводит к превышению приемлемых значений выбросов по диоксидам и фуранам для цементного производства, приведенных в директиве 2000/76/ЕС Европейского парламента и Совета 4 декабря 2000 года “О сжигании отходов”.
4. Наличие в атмосферных выбросах тяжелых металлов имеет место быть, особенно в случае высоколетучей ртути. Следует рассмотреть вопрос о проведении дополнительных исследований и контроля.

Кроме этого, статистические результаты, полученные от администрации ВЦЗ, собранные для отчетности Росприроднадзору, показали, что:

5. Выбросы Воркутинского цементного завода соответствуют требованиям по выбросам в атмосферный воздух, применяемым в настоящее время в Российской Федерации;

6. Установка фильтра на дымоходе вращающейся печи №2 позволила добиться значений содержания пыли в атмосферном воздухе меньше ПДК в санитарно-защитной зоне и на границе жилой застройки. Этот показатель является главным критерием, обеспечивающим безопасность жизни населения в этом районе, т.к. ПДК - государственный гигиенический норматив.
7. Использование альтернативного топлива не привело к превышению установленного ПДК по выбросам сажи в $0,15 \text{ мг/м}^3$ в санитарно-защитной зоне и вблизи жилой застройки.

Результаты дополнительного анализа, проведенные в лаборатории в Швеции (Университет Умео) сравнимы с результатами анализа образцов, выполненных в НПО «Тайфун». Таким образом, можно заключить, что технические и методологические возможности НПО «Тайфун», а также квалификация его сотрудников соответствуют основным требованиям, для проведения подобных исследований на промышленных объектах Российской Федерации. Однако, можно отметить, что лаборатория может сделать свою деятельность более прозрачной, проведя международные интеркалибрации.

6 Список литературы

- Главный государственный санитарный врач, 2007, «Санитарно-защитные зоны, санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов», СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03.

Доступно на сайте: <http://www.kubaneco.ru/standard/sanitarystandard/407/>

- Госкомгидромет, 1987, «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий», ОНД-86.

Доступно на сайте:

http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/2/2826/

- Госкомгидромет, Минздрав, 2004, «Руководство по контролю загрязнения атмосферы», РД 52.04.186-89.

Доступно на сайте: <http://www.complexdoc.ru/ntd/546349>

- Eurachem, СИТАС, 2012, Руководство «Количественная неопределенность в аналитических измерениях».

Доступно на сайте:

<https://www.eurachem.org/index.php/publications/guides/quam>

- Европейский парламент и Совет, 2000, «О сжигании отходов», Директива 2000/76/ЕС.

Доступно на сайте: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32000L0076>

- Министерство природных ресурсов, 2002, Приказ №786 «Об утверждении федерального классификационного каталога отходов»

Доступно на сайте: <http://docs.cntd.ru/document/901836411>

- Министерство природных ресурсов, 2010, Приказ №579 «О порядке установления источников выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, подлежащих государственному учету и нормированию, и о перечне вредных (загрязняющих) веществ, подлежащих государственному учету и нормированию»

Доступно на сайте: <http://base.garant.ru/12182911/>

- Министерство здравоохранения, 2003, «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест», ГН 2.1.6.1338-03.

Доступно на сайте:

<http://www.gosthelp.ru/text/GN216133803Predelnodopust.html>

- НИИ Атмосфера и прочие, 2010, «Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух».

Доступно на сайте:

<http://www.gosthelp.ru/text/PerechenPerechenikodyvesh2.html>

- НИИ Атмосфера, 2012, «Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух».

Доступно на сайте:

<http://www.gosthelp.ru/text/MetodicheskoeposobieMetod.html>

- Росгидромет, 2015, Методические указания. «Определение массовой доли металлов в пробах почв и донных отложений. Методика выполнения измерений методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии», РД 52.18.685-2006.

Доступно на сайте: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293800/4293800627.htm>

- Росстандарт, 2015, «Охрана природы. Атмосфера. Классификация выбросов по составу», ГОСТ 17.2.1.01-76.

Доступно на сайте: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/33909/>

- Росстандарт, 2004, «Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями», ГОСТ 17.2.3.02-78.

Доступно на сайте: <http://vsegost.com/Catalog/31/31821.shtml>

- Росстандарт, 2004, «Охрана природы. Атмосфера. Источники и метеорологические факторы загрязнения, промышленные выбросы. Термины и определения», ГОСТ 17.2.1.04-77.

Доступно на сайте: <http://vsegost.com/Catalog/15/15786.shtml>

- Росстандарт, 2012, «Ресурсосбережение. Наилучшие доступные технологии обращения с отходами в цементной промышленности. Аспекты эффективного применения», ГОСТ Р 55099 – 2012.

Доступно на сайте: <http://vsegost.com/Catalog/53/53559.shtml>

- Ростехнадзор, 2008, «Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений суммарного содержания полихлорированных дибензо-п-диоксинов и дибензофуранов в пересчете на 2,3,7,8-тетрахлордибензо-п-диоксин в пробах почв, грунтов, донных отложений методом хромато-масс-спектрометрии», ПНД Ф 16.1:2:2:2.56-08.

Доступно на сайте: <http://meganorm.ru/Data2/1/4293777/4293777592.htm>

- Ростехнадзор, 2011, «Методика измерений валового содержания кадмия, кобальта, марганца, меди, никеля, свинца, хрома и цинка в почвах, донных отложениях, осадках сточных вод и отходах методом пламенной атомно-абсорбционной спектрометрии», ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.36-2002.

Доступно на сайте:

http://snipov.net/database/c_4294944071_doc_4293797546.html

- Ростехнадзор, 2014, «Количественный химический анализ атмосферного воздуха и выбросов в атмосферу. Методика выполнения измерений суммарного содержания полихлорированных дибензо-п-диоксинов и дибензофуранов в пересчете на 2, 3, 7, 8-тетрахлордибензо-п-диоксин в пробах промышленных выбросов в атмосферу методом хромато-масс-спектрометрии», ПНД Ф 13.1.65-08.

Доступно на сайте: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293806/4293806900.htm>

- Правительство Российской Федерации, 2000, Постановление №183 «О нормативах выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и вредных физических воздействий на него»

Доступно на сайте: <https://www.referent.ru/1/105400>

- Государственная дума Российской федерации, 1999, Федеральный закон №96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха».

Доступно на сайте:

http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22971

- Государственная дума Российской Федерации, 2002, Федеральный закон №7-ФЗ «О защите окружающей среды».

Доступно на сайте:

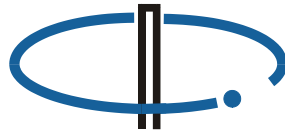
http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/

- ЮНЕП, 2005, Методическое руководство по выявлению и количественной оценке выбросов диоксинов и фуранов.

Доступно на сайте:

http://www.chem.unep.ch/POPs/pcdd_activities/toolkit/default.htm

ПОЛЯРНЫЙ ФОНД
НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ



POLAR FOUNDATION
NON PROFIT ORGANIZATION

