

Кафедра «Безопасность труда и инженерной экологии»

**«ДОПУЩЕНА К ЗАЩИТЕ»**

Зав. кафедрой к.т.н., доцент, Абикинова А.А.  
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**  
**пояснительная записка**

**На тему:** «Применение экологических технологий в теплоэнергетическом комплексе»

**Специальность:** 6M073100 - Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды

**Выполнил(а)** Сармулдинова Ж.С.      Группа МБЖДнп-15  
(Ф.И.О.)

**Научный руководитель** к.т.н., доцент, Санатова Т.С.  
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)  
Санатова «\_\_» \_\_\_\_\_ 2017г.  
(подпись)

**Нормоконтролер** к.т.н., доцент, Санатова Т.С.  
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)  
Санатова «\_\_» \_\_\_\_\_ 2017г.  
(подпись)

**Рецензент** д.т.н., профессор, Жараспаев М..  
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017г.  
(подпись)

Факультет: «Электроэнергетический»

Кафедра: «Безопасность труда и инженерной экологии»

Специальность: 6М073100 «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды»

## ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Сармулдиновой Жамиле Саматовне  
(Ф.И.О.)

Тема диссертации «Применение экологических технологий в теплоэнергетическом комплексе»

утверждена Ученым советом по университету №\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Срок сдачи законченной диссертации «13» июня 2017г.

Цель исследования: установление закономерности и распространения выбросов вредных веществ и их влияние на окружающую среду в условиях г. Астаны, поиск оптимальных технологий сжиганий твердого топлива на теплоисточниках города.

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов или краткое содержание магистерской диссертации:

1. Анализ влияния тепловых электрических станций на окружающую среду.
2. Воздействие различных источников энергии на окружающую среду
3. Природоохранные мероприятия, технические решения по повышению уровня экологической безопасности, снижению выбросов ТЭС
4. Анализ показателей характеристики существующего состояния окружающей среды
5. Применение технологии сжигания топлива в циркулирующем кипящем слое в условиях г. Астаны
6. Анализ существующей схемы теплоснабжения города Астаны
7. Оценка уровня выбросов при применении технологии ЦКС и факельном сжигании.
8. Оценка уровня образования отходов при применении технологии ЦКС и факельном сжигании

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Схема воздействия ТЭС на окружающую среду.
2. Принципиальная схема котла с технологией сжигания топлива в циркулирующем кипящем слое
3. Карты существующих приземных концентраций загрязняющих веществ г. Астаны.
4. Карты приземных концентраций загрязняющих веществ, выбрасываемых различными видами котельных агрегатов.

Основная рекомендуемая литература:

1. Рихтер Л. А., Волков Э.П., Покровский В.Н. Охрана водного и воздушного бассейнов от выбросов тепловых электростанций. — Москва: Энергоиздат, 1981. — 295 с.
2. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для тепловых электростанций и котельных. Утверждена Приказом Министра окружающей среды и водных ресурсов Республики Казахстан от 12 июня 2014 года № 221-Ө.
3. 17. Технический регламент «Требования к эмиссиям в окружающую среду при сжигании различных видов топлива в котельных установках тепловых электрических станций». Утвержден Постановлением Правительства РК от 14 декабря 2007 г. № 1232.

### ГРАФИК подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
1 Анализ влияния тепловых электрических станций на окружающую среду	10.12.2015г.	<i>выполнен</i>
2 Анализ существующего состояния окружающей среды	29.04.2016г.	<i>выполнен</i>
3 Применение технологии сжигания топлива в циркулирующем кипящем слое в условиях г. Астаны	15.10.2016г.	<i>выполнен</i>
4 Анализ эффективности применения технологии ЦКС в г. Астана	31.01.2017г.	<i>выполнен</i>

Дата выдачи задания «21» сентября 2015г.

Заведующие кафедрой \_\_\_\_\_ (подпись) (\_\_\_\_\_ Абикинова А.А. \_\_\_\_\_) (Ф.И.О.)

Научный руководитель диссертации \_\_\_\_\_ (подпись) (\_\_\_\_\_ Санатова Т.С. \_\_\_\_\_) (Ф.И.О.)

Задание принял к исполнению магистрант \_\_\_\_\_ (подпись) (\_\_\_\_\_ Сармулдинова Ж.С. \_\_\_\_\_) (Ф.И.О.)

## **АҢДАТПА**

Осы магистрлік диссертацияда циркуляциялық қайнау қабатында жану технологиясымен қазандардың және көмір қазандық бірліктердің экологиялық параметрлерді салыстырмалы талдау өткізді.

Түсіндірме жазбада жылу электр станцияларының қоршаған ортаға әсері талдамалы шолу, қоршаған орта қолданыстағы жағдайдың талдау, Астана қолданыстағы жылыту схемасының талдау, циркуляциялық қайнау қабатында жану технологиясымен қазандықтарында қатты отынды жану процесстің теориялық зерттеу, қазандық агрегаттар шығарындыларының сапалық және сандық құрамын зерттеу, Циркуляциялық қайнау қабатында жану технологиясымен қазандар және көмір қазандық пайдаланған кезде күл қалдықтарының пайда болуы көлемінің сапалық және сандық зерттеу бар.

## **АННОТАЦИЯ**

В магистерской диссертации проведен сравнительный анализ экологических параметров котельных агрегатов с технологией сжигания топлива в циркулирующем кипящем слое с пылеугольными котельными агрегатами.

Пояснительная записка содержит аналитический обзор влияния тепловых электрических станций на окружающую среду, анализ существующего состояния окружающей среды, анализ существующей схемы теплоснабжения города Астаны, теоретическое исследование процесса сжигания твердых топлив в котлах с технологией сжигания в циркулирующем кипящем слое, исследования качественного и количественного состава выбросов котельных агрегатов, объема образования золошлаковых отходов при использовании котлов с технологией сжигания топлива в циркулирующем кипящем слое и традиционными пылеугольными котельными агрегатами.

## **ANNOTATION**

In this dissertation author has presented comparative analysis of ecological parameters of boiler working with circulating fluidized bed combustion technology and coal-fired boiler units.

The explanatory note contains analytical review of thermal power plants impact on environment, environment existing state analysis, Astana city's existing heat supply scheme analysis, theoretical study of solid fuels combustion in boilers with circulating fluidized bed incineration technology, qualitative and quantitative research of boiler emissions, ash and slag wastes generated from boiler working with circulating fluidized bed combustion technology and from coal-fired boiler units.

## Содержание

Список сокращений	6
Введение	7
1. Анализ влияния тепловых электрических станций на окружающую среду	10
1.1. Классификация отраслей промышленности по степени опасности для окружающей среды	10
1.2. Воздействие различных источников энергии на окружающую среду	14
1.3. Характеристика основных загрязняющих веществ, их влияние на живые организмы	19
1.4. Природоохранные мероприятия, технические решения по повышению уровня экологической безопасности, снижению выбросов ТЭС	29
2. Анализ существующего состояния окружающей среды	37
2.1. Анализ состояния природной среды	37
2.2. Характеристика природных условий	39
2.3. Характеристика климатических условий для оценки воздействия	42
2.4. Социально-экономическая среда	45
3. Применение технологии сжигания топлива в циркулирующем кипящем слое в условиях г. Астаны	50
3.1. Анализ существующей схемы теплоснабжения города Астаны	58
3.2. Теоретическое исследование технологии сжигания твердых топлив в котлах с технологией сжигания топлива в циркулирующем кипящем слое	63
3.3. Эффективность снижения выбросов оксидов азота при применении технологии ЦКС	66
3.4. Эффективность снижения сернистого ангидрида при применении технологии ЦКС	71
4. Анализ эффективности применения технологии ЦКС в г. Астана	72
4.1. Теоретические основы проведения расчетов выбросов загрязняющих веществ от тепловых электрических станций.	72
4.1. Оценка уровня выбросов при применении технологии ЦКС и факельном сжигании	77
4.2. Оценка уровня образования отходов при применении технологии ЦКС и факельном сжигании	98
Заключение	103
Список использованной литературы	105
Приложение 1 Расчет рассеивания загрязняющих веществ, выбрасываемых котлом ЦКС	107
Приложение 2 Расчет рассеивания загрязняющих веществ, выбрасываемых пылеугольным котлом	120

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АСО** – автономные системы отопления;
- АЭС** – атомная электростанция;
- ГМК** – горно-металлургический комплекс;
- ГЭС** – гидроэлектростанция;
- ДЦТ** – децентрализованное теплоснабжение
- ЗВ** – загрязняющее вещество;
- КПД** – коэффициент полезного действия;
- ООС** – охрана окружающей среды;
- ПДК** – предельно-допустимая концентрация;
- СЗЗ** – санитарно-защитная зона
- СКВ** – селективное каталитическое восстановление;
- СНВ** – селективное некаталитическое восстановление;
- СПН** – стационарный пункт наблюдения.
- ТЭС** – тепловая электростанция;
- ТЭЦ** – теплоэлектроцентраль;
- УП** – угольная пыль;
- ЦКС** – циркулирующий кипящий слой;
- ЦТ** – централизованное теплоснабжение

## ВВЕДЕНИЕ

Во всем мире отмечается непрекращающийся рост производства электроэнергии. В ближайшие тридцать лет прогнозируется удвоение электрогенерирующих мощностей. Наиболее распространенным топливом ТЭЦ в Казахстане является уголь. Уголь традиционно считается наиболее грязным энергоносителем, использование которого связано с наибольшими выбросами загрязняющих веществ и углекислого газа. Различные экологические движения, к которым вынуждены прислушиваться правительства развитых стран, выступают за полный отказ от сжигания угля, однако в обозримом будущем сделать это невозможно. В последние годы в развитых странах очень много говорится о разработке чистых угольных технологий, позволяющих использовать уголь на электростанциях с минимальным уроном для окружающей среды. По словам некоторых специалистов, чистый уголь может стать более конкурентоспособным по сравнению с другими традиционными энергоносителями в соотношении цены и экологической безопасности.

**Актуальность темы исследования.** В городе Астане, в связи с бурным развитием города, наблюдается дефицит тепловой и электрической энергии. Мощности существующих теплоисточников города ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 при условии их реконструкции не достаточно для покрытия энергодефицита. Данная ситуация является причиной значительного увеличения соотношения жилого фонда с печным отоплением с использованием угля в качестве топлива. Зачастую индивидуальные системы отопления не оснащены газоочистным оборудованием, следовательно, не соответствуют экологическим требованиям. Печное отопление является одной из основных причин ухудшения состояния воздушного бассейна города Астаны.

В настоящее время остро стоит вопрос о строительстве нового теплоисточника в столице. Основное оборудование проектируемой ТЭЦ-3 должно соответствовать Перечню наилучших доступных технологий (Приказ Министерства Энергетики РК от 28 ноября 2014 г. № 155), и обеспечивать выбросы загрязняющих веществ не превышая требования Технического регламента (Постановление Правительства Республики Казахстан от 14 декабря 2007 года № 1232). Создание нового современного теплоисточника на базе эффективной технологии комбинированного производства тепла и электроэнергии, с экологически чистым оборудованием, позволит в течение более 40 лет надежно обеспечивать жителей столицы теплом.

Объекты теплоэнергетики являются одним из основным источников загрязнения атмосферного воздуха в крупных населённых пунктах, в том числе и в столице Республики Казахстан. Так как в настоящее время не представляется возможным полный переход на нетрадиционную энергетику, поэтому весьма актуальным и важным является поиск новых современных методов сжигания наиболее распространенного вида топлива для тепловых

электрических станций в Казахстане на данный момент – угля. Одной из новых технологий является котлы с технологией сжигания угля в циркулирующем кипящем слое (ЦКС), которые соответствуют самым жестким экологическим требованиям. Исследование возможности применения данных котлоагрегатов является актуальным вопросом развития энергетики Казахстана.

**Цель работы:** установление закономерности и распространения выбросов вредных веществ и их влияние на окружающую среду в условиях г. Астаны.

**Задачи работы:**

- анализ существующих методов и устройств сжигания твердого топлива;
- исследование состояния воздушного бассейна города Астаны;
- воздействия различных источников энергии на окружающую среду;
- аналитическое исследование выбросов и образования отходов при применении технологии с циркулирующим кипящим слоем.

**Методы исследования.** Анализ и обобщение литературных источников и статистических данных по характеристике окружающей среды. Выполнение расчетов выбросов и значений приземных концентраций согласно методикам, утвержденным в Республике Казахстан. Математическое моделирование карт рассеивания загрязняющих веществ.

**Научная новизна работы** состоит в том, что:

- приведена сравнительная характеристика выбросов технологий сжигания твердого топлива;
- впервые в Казахстане исследована технология сжигания топлива в циркулирующем кипящем слое;
- проведен анализ воздействия традиционной технологии сжигания угля и технологии сжигания топлива в циркулирующем кипящем слое;
- предложена к использованию технология сжигания топлива в циркулирующем кипящем слое в г. Астана.

**Основные научные положения и результаты, выносимые на защиту:**

- результаты исследования влияния котельных агрегатов с применением технологии сжигания топлива в циркулирующем кипящем слое на атмосферный воздух, сравнительный анализ экологических показателей с котельными агрегатами, реализующими традиционную технологию факельного сжигания топлива;
- результаты исследования объемов образования отходов котельных агрегатов ЦКС и традиционных котлов;
- результаты оценки эффективности внедрения технологии ЦКС на новом теплоисточнике г. Астане.

**Личное участие автора:** выполнено аналитическое исследование выбросов котлов с технологией сжигания топлива в циркулирующем



кипящем слое с использованием методики расчета приземной концентрации произведена комплексная оценка уровня загрязнения окружающей среды котлов с технологией циркулирующим кипящем слоем.

**Обоснованность и достоверность научных результатов и выводов,** изложенных в диссертации, подтверждается:

- представительным объемом статистической информации за 5 лет;
- результатами математического моделирования приземных концентраций загрязняющих веществ, выбрасываемых тепловыми электрическими станциями.

**Практическая ценность** заключается в научно обоснованной рекомендации использования ранее не применявшейся в Казахстане технологии ЦКС на проектируемом теплоисточнике г. Астаны.

**Структура и объем работ.** Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованной литературы из 24 наименований, 34 таблиц, 21 рисунка, 2 приложений.

# 1. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

## 1.1. Классификация отраслей промышленности по степени опасности для окружающей среды

Производственная деятельность возникла несколько веков назад. По мере развития производства увеличилось воздействие производственной деятельности на окружающую среду.

Для оценки степени опасности отраслей промышленности на окружающую среду была создана классификация, при создании которой были учтены следующие характеристики:

- разнообразие выбросов (сбросов) предприятий отрасли;
- объемы выбросов (сбросов);
- класс токсичности выбросов (сбросов).

Исходя из перечисленных характеристик, рассчитывается коэффициент токсичности выбросов (сбросов) [1].

Для его расчета использована формула:

$$K_T = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i} M_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \quad (1.1)$$

где:  $C_i$  – ПДК выбрасываемого  $i$ -го вещества отраслью промышленности;

$M_i$  – объем выбросов (сбросов) того или иного вещества;

$n$  – число, выбрасываемых веществ.

Анализ этих показателей позволил подразделить отрасли промышленности по степени токсичности выбросов и сбросов на четыре группы.

Результаты расчета по формуле 1.1 приведены в Таблицах 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1 - Группировка отраслей промышленности по коэффициенту токсичности выбросов в атмосферу.

Отрасли промышленности	Коэффициент токсичности выбросов в атмосферу	Оценка токсичности выбросов
Цветная металлургия, Нефтехимическая, химическая промышленность	$K_T = 10,1-15$	Особенно токсичные выбросы
Нефтехимическая промышленность микробиологическая промышленность	$K_T = 5,1-10$	Очень токсичные выбросы
Черная металлургия, лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность	$K_T = 1,6-5$	Токсичные выбросы

Продолжение таблицы 1.1

Отрасли промышленности	Коэффициент токсичности выбросов в атмосферу	Оценка токсичности выбросов
Энергетическая промышленность, машиностроение и металлообработка, Легкая промышленность, пищевая промышленность	$K_T = 1,0-1,5$	Менее токсичные выбросы

Таблица 1.2 - Группировка отраслей промышленности по коэффициенту токсичности сбросов в воду.

Отрасли промышленности	Коэффициент токсичности сбросов в водоемы	Оценка токсичности сбросов
Микробиологическая, химическая, нефтехимическая, целлюлозно-бумажная	$K_T > 5,1$	Особенно токсичные сбросы
Цветная металлургия, черная металлургия	$K_T = 2,1-5,0$	Очень токсичные сбросы
Пищевая, энергетическая промышленность	$K_T = 1,1-2,0$	Токсичные сбросы
Машиностроение и металлообработка, легкая промышленность	$K_T = 0,5-1,0$	Менее токсичные сбросы

Высокая степень экологической опасности присуща нефтехимической и химической промышленности, цветной металлургии, микробиологической промышленности. Особенно опасно сочетание цветной металлургии с нефтехимией и химией, из-за эффекта «суммации» выбрасываемых веществ [1].

Соотношение поступления вредных выбросов в результате деятельности различных отраслей промышленности отражено в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Поступление вредных выбросов в атмосферу от различных отраслей промышленности.

Отрасль промышленности	Поступление вредных выбросов в атмосферу, %
Тепловые электростанции	27,0
Черная металлургия	24,3
Цветная металлургия	10,5
Нефтедобыча и нефтехимия	15,5
Автомобильный транспорт	13,3
Промышленность строительных материалов	8,1
Химическая промышленность	1,3

Как видно из приведенных данных, в загрязнении атмосферы основу составляют процессы сжигания минерального топлива и в наибольшей

степени на тепловых электростанциях. Удельное значение выбросов отдельных отраслей промышленности в общем балансе выбросов в атмосферу является величиной непостоянной и связано, с одной стороны, с темпами роста промышленного производства, а с другой — с осуществляемыми для снижения количества выбросов мероприятиями. В частности, значительное увеличение выпуска автомобилей повышает загрязнение атмосферного воздуха выхлопными газами автомобильного транспорта в общем балансе загрязнения атмосферы [2].

*Металлургическая промышленность* оказывает значительное влияние на окружающую среду за счет выброса в атмосферу продуктов сжигания различных видов топлива при работе доменных печей, переработки шихты в них (шихта – смесь руды с нерудными добавками и кокса). Металлургическая промышленность Казахстана является одним из крупных секторов экономики. Основные горно-металлургические компании Казахстана Евразийская промышленная ассоциация, «Миттал Стил Темиртау», АО «Корпорация «Казахмыс», АО «Казцинк», представляют собой единый производственно-хозяйственный комплекс, имеющий в своем составе предприятия по добыче, обогащению и металлургической переработке, а также энерго- и тепловырабатывающие предприятия, развитую инфраструктуру, обеспечивающую финансовые, маркетинговые, сбытовые, внешнеэкономические, научно-исследовательские работы. Одним из основных загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятиями ГМК, является сернистый ангидрид ( $\text{SO}_2$ ). Вклад предприятий ГМК в страновой выброс сернистого ангидрида составляет: ТОО «Корпорация «Казахмыс» 75,3 %, АО «Казцинк» — 10,2, АО «АрселорМиттал Темиртау» — 9,5, АО «ССГПО» — 3,6 %. Лидером в загрязнении атмосферы является «Балхашцветмет» корпорации «Казахмыс». Его выбросы составляют пятую часть всех загрязнений в Казахстане. В Темиртау за год образуется 294,5 тыс. т загрязняющих веществ, из которых 228 тыс. т выдает АО «АрселорМиттал Темиртау». Это 15 % от общего объема загрязнений атмосферы республики [3].

В целом за многолетний период интенсивного развития всех отраслей промышленности Казахстана, в том числе и горно-металлургического комплекса, накопилось уже свыше 26 млрд т твердых отходов производства, ежегодно пополняемых на отвалах еще на 1 млрд т. Большая часть из них (58 %, или 15,1 млрд. т) приходится на отходы горнодобывающей и металлургической отраслей, ко-торые рассматриваются как самостоятельная сырьевая база. В цветной металлургии (медно-алюминиевая, свинцово-цинковая, золото-редкометальная отрасли) общее количество отходов дости-гает более 5 млрд т, из них: породы попутной добычи и вскрыши — 72 %, хвосты обогащения — 26 и металлургического передела — 1,6 %. Площадь земель, занимаемая отходами, равна более 13 тыс. га. Общее количество накопленных отходов в черной металлургии Казахстана (железорудная, хромово-рудная и марганцеворудная отрасли) составляет

более 6,2 млрд т, из них: попутной добычи и вскрыши — 92,8 %, обогащения — 6,1 и металлургического передела — 1,1 %. Площадь земель, занимаемая отходами, — более 15 тыс. га [4].

Практически каждое металлургическое производство является градообразующим предприятием, вокруг которого вырастают крупные населенные пункты с высокой плотностью населения. Проблема загрязнения атмосферного воздуха в таких местностях всегда неизбежна, экологическая вредность предприятий металлургии усугубляется большим объемом производства. Металлургический завод полного цикла мощностью 1 млн. т стали в год, включающий основные производства – доменное, конвертерное, мартеновское, прокатное и ТЭЦ, ежедневно поставляет в природную среду: 200–350 т золы в золоотвал и 1100 т шлаков в шлакоотвал; сбрасывает в водоемы в среднем 18 000 м<sup>3</sup> теплых сточных вод; выбрасывает в атмосферу 200 т оксида углерода, до 100 т пыли, от 10 до 100 т сернистого ангидрида, 10 т оксидов азота [1].

Загрязнение воздуха от предприятий черной металлургии в зависимости от силы ветра может распространяться на расстояние 15–25 км. (Радиус воздействия завода мощностью 1 млн. т чугуна/год составляет 10 км, при мощности 3 млн.т/год – 20–25 км<sup>2</sup>).

Химическая промышленность Казахстана - многогранный, один из наиболее приоритетных секторов экономики, являющийся источником сырья и материалов, имеющих большое значение в других промышленных секторах. В Казахстане присутствует широкий спектр минеральных и углеводородных ресурсов, включая существенные запасы фосфоритов, хромитов, солей натрия. В недрах страны обнаружены 99 из 105 химических элементов периодической таблицы Менделеева [5]. В коммерческом использовании находятся более 60 из этих элементов. В настоящее время в Казахстане разведано 493 месторождения, содержащих 1,225 видов полезных ископаемых. Лидирующие позиции занимают нефтехимическая промышленность и неорганическая химия. Также активно развиваются стекольное производство, производство керамической и цементной продукции, производство лакокрасочной продукции и бытовой химии. Полный производственный объем химической и связанных с ней отраслей промышленности, включая нефтехимическое производство, составил 45 миллионов тонн в 2011 г. (по данным Агентства РК по Статистике).

Характерными загрязняющими веществами, образующиеся в процессе добычи нефти являются: углеводороды – 50%; СО – 30%; твердые вещества – 20%. Кроме того в состав газовых потоков входят H<sub>2</sub>S (в составе природного газа содержится до 2% H<sub>2</sub>S), SO<sub>2</sub> и меркаптаны.

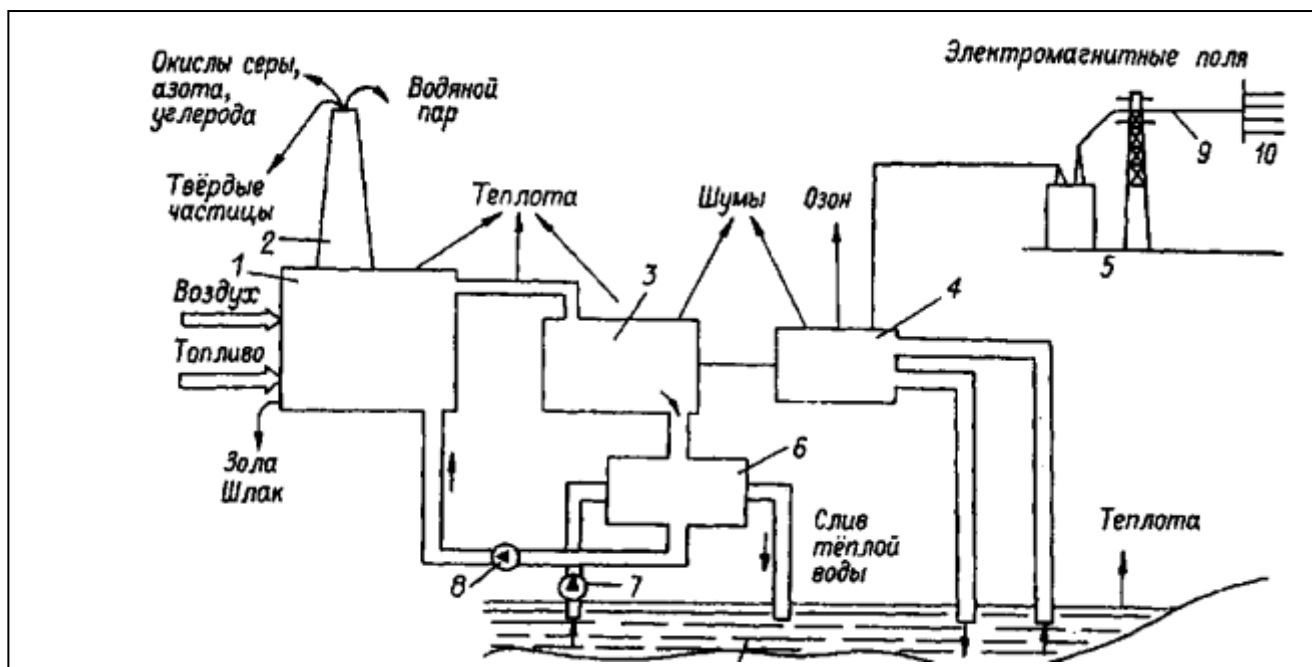
Добываемая нефть содержит также железо, ванадий и соли щелочных и щелочноземельных металлов, образующие шлаки.

Отрицательное влияние выбросов на нефтеперерабатывающем заводе мощностью 12 млн. т. в год может проявляться на расстоянии до 20 км от предприятия [1].

По сравнению с нефтеперерабатывающими предприятиями нефтехимические производства выбрасывают в атмосферу разнообразные вещества, среди которых можно выделить предельные, непредельные и ароматические углеводороды, органические кислоты и ангидриды, метанол, оксиды азота, серы, углерода, сероводород и сероуглерод.

## 1.2. Воздействие различных источников энергии на окружающую среду

Из общих антропогенных выбросов на долю энергетики приходится около 20-30 % [6]. Тепловые электростанции оказывают существенное воздействие на состояние воздушного бассейна в районе их расположения. На рисунке 1.1. показаны основные факторы воздействия ТЭС на окружающую среду.



1 – котел; 2 – дымовая труба; 3– турбина; 4 – генератор; 5 – подстанция; 6 – конденсатор; 7 – циркуляционный насос; 8– конденсатный насос; 9 – линия электропередачи; 10 – потребители электроэнергии; 11 – водоем.

Рисунок 1.1. - Схема воздействия ТЭС на окружающую среду

В целом можно выделить следующие основные виды негативных воздействий ТЭС на окружающую среду:

- загрязнение атмосферы взвешенными частицами (сажа, зола) и химическими веществами ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  и т.д.);
- «парниковый эффект»;
- гигантское потребление кислорода, снижающее его концентрацию в атмосфере;
- загрязнение литосферы твердыми отходами (шлаки, золоотвалы), осаждение на поверхности почвы вредных выбросов и миграция их в глубь литосферы;

- непомерное возрастание потребления воды, загрязнение «сточными водами»;
- «кислотные дожди»;
- «тепловые выбросы»;
- другие негативные воздействия, в том числе шумовое и электромагнитное.

Теплоэнергетика является источником поступления в окружающую среду более 300 видов веществ, среди которых основную долю составляют:

- диоксид серы;
- оксиды углерода;
- оксиды азота;
- пыль различного происхождения [1].

Перечень веществ, выбрасываемых предприятиями теплоэнергетики, при работе на разных видах ископаемого топлива представлен в таблице 1.3.

Таблица 1.3 - Перечень веществ, выбрасываемых предприятиями теплоэнергетики при работе на разных видах ископаемого топлива.

Вид топлива	Газообразные вещества	Аэрозоли	Элементы примеси
Уголь	NO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub> , HCl, HF, Hg (пары), As(пары)– Донецкое месторождение очень богато мышьяком, H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub>	Летучая зола, сажа; формальдегид, бензапирен; 40K, 226Ra, 232Th(торий),	As, Cd, Pb, Ti, Cr, Na, Ni, V, Cu, Zn, Mn, Mo, Sb, SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Мазут	NO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , Hg (пары), углеводороды	Зола (V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), формальдегид, бензапирен, сажа (в золе есть частицы недогоревшего топлива, в саже этих частиц нет)	As, Cd, Pb, Ti, Cr, Na, Ni, V, Cu, Zn, Mn, Mo, Sb – эти частицы обычно удаляются с поверхности котлов при чистке
Газ	NO, NO <sub>2</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , следы SO <sub>2</sub> , углеводороды	Углеводороды	—

Аэрозоли – это дисперсные системы, состоящие из дисперсионной среды (газа) и дисперсной фазы. По агрегатному состоянию делятся на туманы (системы с жидкой дисперсной фазой), пыли (системы с твердыми частицами размером более 10 мкм), дымы (системы, размеры твердых частиц в которых находятся в пределах 0,001– 10 мкм) [1].

Из предложенного перечня веществ видно, что основными компонентами, выбрасываемыми в атмосферу при сжигании различных видов топлива, действительно, являются — оксиды азота, серы, углерода, а также сажа и зола. При сгорании, особенно при неполном, имеют место выбросы углеводородов (типа метана, этана), полициклических углеводородов (в том числе бенз(а)пирена (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>)), формальдегида (НСОН), оксида ванадия (V).

Количественное содержание компонентов выбросов приведено в таблице 1.4.

Таблица 1.4 - Годовые выбросы ТЭС на органическом топливе мощностью 1000 МВт.

Вид топлива	Вещество, т/год							
	NO <sub>2</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	Твердые частицы	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Бензапирен, C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	Формальдегид HCHO	Всего
Природный газ	13 888 (1)	14 681 (1)	–	2 (1)	–	0,0009 (1)	–	28 564 (1)
Мазут (топочный)	23 242 (2)	27 975 (2)	153 786 (1)	1 090 (550)	2 150	0,018 (20)	1 200 (1)	209 442 (7)
Уголь (бурый)	45 114 (3)	530 405 (36)	269 864 (2)	134 366 (67·10 <sup>3</sup> )	–	0,13 (150)	2 850 (2)	982 600 (34)

В выбросах ТЭС также присутствуют элементные примеси, в числе которых весьма токсичные – тяжелые металлы и естественные радионуклиды.

Таким образом, наиболее экологически несовершенным видом топлива является уголь, т.к. при его сжигании образуется больший ассортимент вредных выбросов, по сравнению с другими видами топлива. Но уголь – самое распространенное ископаемое топливо на нашей планете. Специалисты считают, что его запасов хватит на 400– 500 лет.

Жидкое топливо (мазут, бензин, керосин) является более «экологичным», чем твердое. При этом полностью исключается проблема золоотвалов, которые занимают значительные территории и являются источником постоянного загрязнения атмосферы в районе станции из-за уноса части золы ветрами. Однако перевод установок на жидкое топливо лишь незначительно уменьшает выбросы оксидов серы и азота [1].

В продуктах сгорания жидких видов топлива отсутствует и летучая зола.

Наиболее экологически безопасным топливом является газовое топливо. При сжигании природного газа существенными загрязнителями атмосферы являются оксиды азота (NO<sub>x</sub>) и монооксид углерода (CO). Оксиды азота, однако, практически исключаются при применении экологически чистых технологий его сжигания.

*Экологические ограничения использования атомной энергетики.* АЭС, являющаяся наиболее современным видом электростанций, имеет ряд существенных преимуществ перед другими видами электростанций:

При нормальных условиях функционирования они практически не загрязняют окружающую среду, хотя и являются источниками воздействия четырех видов:

1. радиационного;
2. химического;



3. теплового (тепловлажностного);
4. воздействия, обусловленного процессом строительства и урбанизации региона АЭС, появлением в регионе большого количества нового населения.

Схема влияния атомной электростанции на окружающую среду представлена на рисунке 1.2.

*Радиационное и химическое воздействия* обусловлены поступлением с атомной электростанции радиоактивных и химических веществ с газоаэрозольным выбросом и с жидкими стоками.

*Тепловое воздействие* – это, главным образом, воздействие сбросного (избыточного) тепла на экосистему водоема охладителя.

*Тепловлажностное воздействие* связано с эксплуатацией градирен.

*Урбанизационное воздействие и воздействие населения* – это строительство дорог, развитие автотранспорта, вытаптывание и засорение лесов, лугов и водоемов, интенсификация сельскохозяйственного производства в связи с увеличением в регионе потребителей его продукции.

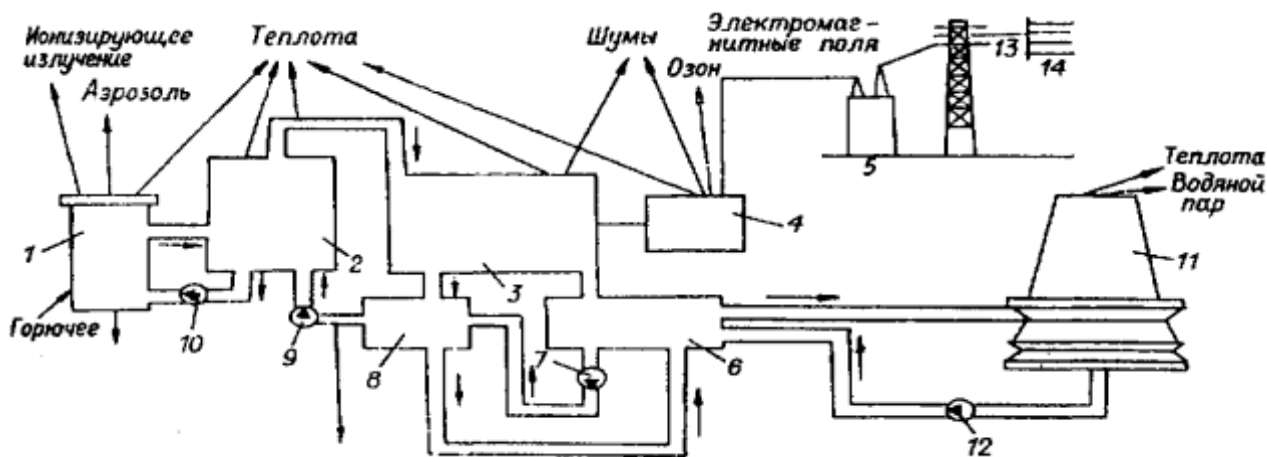


Рисунок 1.2. - Схема влияния АЭС на окружающую среду.

Во время штатной работы АЭС радиоактивные поступления и радиационное воздействие на население и природные комплексы региона незначительны. Средняя доза излучения от радионуклидов, поступивших за пределы АЭС –  $25 \cdot 10^5$  зв/год (25 мбэр/год). Данное значение не превышает годовых колебаний средней дозы естественного фона. К маю 1986 г. 400 энергоблоков, работавших в мире (в настоящее время в мире насчитывается 500 энергоблоков и 100 энергоблоков планируют построить) и дававшие более 17% электроэнергии, увеличили природный фон радиактивности не более чем на 0,02% [3].

Станционные радионуклиды, поступающие в водоем-охладитель, обнаруживаются в основном в донных отложениях, вблизи места выпуска жидких стоков, иногда в рыбах, высшей водной растительности.

Нет никакой «третиевой» проблемы на АЭС и проблемы  $C^{14}$  (источники  $\beta$ - излучения).

При нарушении штатного режима работы АЭС нельзя исключать значительных радиационных воздействий на население и природные объекты.

Атомные станции не требуют привязки к источнику сырья, так как транспортировка сырья не является существенной статьей затрат в связи с малыми объемами (0,5 кг ядерного топлива позволяет получать столько же энергии, сколько выделяется при сжигании 1000 т. каменного угля).

Коэффициент использования установленной мощности на АЭС (80%) значительно превышает этот показатель у ГЭС или ТЭС.

Однако, несмотря на все вышеперечисленные преимущества, повседневная работа АЭС сопровождается рядом трудностей:

1. существуют проблемы с захоронением радиоактивных отходов (коэффициент использования топлива составляет около 5%, остальное идет в отходы). для вывоза со станций сооружаются контейнеры с мощной защитой и системой охлаждения. захоронения производится в земле, на больших глубинах в геологически стабильных пластах.

2. сброс тела в окружающую среду от атомных станций в 1,5–2 раза больше, чем от тепловых, из-за разности в коэффициентах полезного действия (кпд аэс  $\approx$  80–81%, тогда как кпд ТЭС 35–37%). Наибольшую опасность представляет охлаждающая АЭС вода, сбрасываемая в водоемы при температуре 40–45°C, что приводит к изменению теплового режима рек и озер;

3. на этапе ликвидации атомной станции возникает весьма сложная проблема демонтажа и захоронения реакторов. Итак, по экологическим соображениям атомная энергетика не может и не должна играть роль масштабной, ее уровень, видимо, не должен превышать уже существующий.

Основным направлением в обеспечении безопасности АЭС является их размещение под землей вместо защиты их реакторов прочными оболочками. Мировой положительный опыт в этом плане уже накоплен, поскольку под землей были размещены ядерные реакторы в Красноярске-26 (Россия), Чузе (Франция), Халдене (Норвегия), Агесте (Швеция), Люцерне (Швейцария), Гамболдте (США).

*Воздействие гидроэлектростанций (ГЭС) на окружающую среду.* В процессе производства электроэнергии с помощью гидравлических турбин значительного отрицательного воздействия на природную среду не наблюдается.

Однако реализация этого процесса связана со специфическими и с достаточно крупными по масштабу изменениями в природной системе прилегающей территории.

Воздействие ГЭС на природную среду затрагиваемых территорий имеет и отрицательные, так и положительные стороны.

Положительное воздействие заключается в следующем:

1. с помощью плотин и водохранилищ осуществляется орошение земель, защита плодородных угодий и населенной местности в целом от

наводнений катастрофического характера (так как водохранилища – это регуляторы стока рек).

2. существенно улучшаются местные условия судоходства на реке, углубляется фарватер, затопляются пороги.

3. создание водохранилищ позволяет интенсифицировать рыбоводческое хозяйство, создает возможности для разведения озерных пород рыб, массового отдыха.

*Отрицательное воздействие* на окружающую среду классифицируется как *прямое или косвенное*.

*Прямое воздействие:*

1. постоянное и временное затопление земель, часть из которых относится к плодородным сельскохозяйственным и лесным угодьям.

2. в зоне водохранилища создаются условия для создания застойных зон, так как резко уменьшается турбулентность, проточность воды.

3. наличие плотины является практически непреодолимым препятствием для нерестового хода рыбы, а также для развития водного транспорта (из-за наличия бревен на поверхности воды).

*Косвенное воздействие:*

1. Затопленные плодородные почвы и растительность обогащают воду большим количеством питательных элементов, что создает благоприятные условия для роста и развития планктона. Рост этой продукции соответствует интересам рыбного хозяйства. Правда по прошествии некоторого времени наблюдается цепная реакция:

*Текущая вода → водохранилище → накопление химических веществ + тепловое загрязнение → зарастание водоема (цветение) → обогащение органикой → обескислороживание → порча воды → болезни рыб → потеря пищевых или вкусовых свойств воды и продуктов промысла.*

Вода может стать непригодной (или трудно очищаемой) и для водоснабжения, особенно в питьевых и коммунальных целях.

2. Очистка будущего ложа водохранилища от леса приводит к качественному ухудшению состава воды после затопления водохранилища. Так как во время подготовительных работ происходит процесс образования фенола и других токсичных органических веществ при подводном гниении древесины. Это приводит к увеличению в воде содержания фенола, и других органических веществ. Следствием данного процесса является обескислороживание воды, рост ее токсичности, и как следствие – гибель рыб и непригодность воды в питьевых целях.

3. К косвенным воздействиям относится локальное изменение климата, которое проявляется в повышении влажности воздуха и образовании частых туманов.

Необходимо отметить, что многие из перечисленных негативных явлений – следствие не реализации самой идеи ГЭС, а неправильного проектирования, строительства, и неправильного режима эксплуатации ГЭС.

### 1.3. Характеристика основных загрязнителей атмосферы, их влияние на живые организмы

Разнообразные выбросы тепловых электростанций можно квалифицировать в зависимости от размеров частиц: пыль – твердые частицы размером 1–150 мкм; туман – твердые или жидкие частицы размером 0,2–1 мкм; дым – частицы размером 0,001–0,1 мкм; аэрозоли – в основном скопление газообразных молекул с размерами от сотых долей до десятков микрометров.

Газовые выбросы также могут быть токсичными ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{CO}$  и др.) и нетоксичными ( $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ). Все трехатомные газы ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  и особенно  $\text{CO}_2$ ) относятся к «парниковым газам», так как они характеризуются селективной поглотительной способностью в инфракрасной области теплового излучения и способствуют созданию парникового эффекта [2].

В таблице 1.5. представлены загрязняющие вещества, выбросы которых характерны при сжигании различных видов топлива.

Таблица 1.5 - Основные виды газовых и аэрозольных загрязняющих выбросов энергетических объектов.

Топливо	Аэрозоли		Газовые выбросы					
	зола	сажа	$\text{CO}_2$	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{NO}_2$	$\text{SO}_2$	$\text{NO}$	$\text{CO}$
Природный газ	–	–	+	+	+	–	+	+
Мазут	+	+	+	+	+	+	+	+
Уголь	++	+	+	+	+	+	+	+

*В таблице использованы условные обозначения, характеризующие вероятность появления тех или иных выбросов при сжигании различных видов топлива: «++» – очень высокая; «+» – высокая; «–» – отсутствует.*

Газовые выбросы, попадая в атмосферу, оказывают сложное физико-химическое (на первой стадии) и биологическое (на последующих стадиях) воздействие на живые организмы (и прежде всего на человека), уровень и характер которого зависят от их концентрации в воздухе [9]. Зависимость степени риска для человека от концентрации токсичных газов в атмосфере представлена на рисунке 1.3.

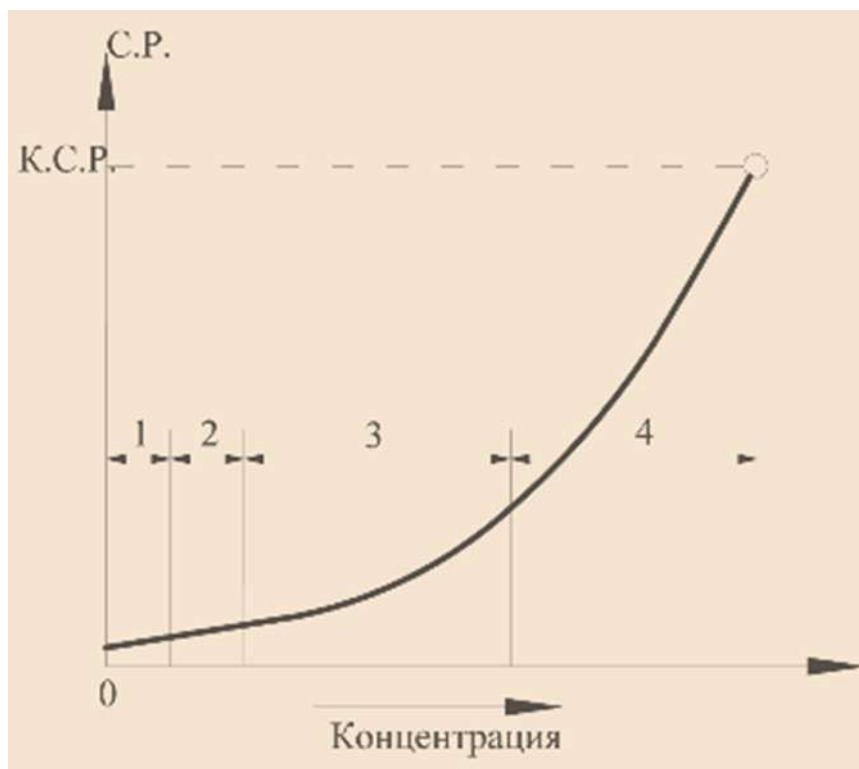


Рисунок 1.3. - Зависимость степени риска для человека от концентрации токсичных газов в атмосфере: 1–4 – фазы влияния; С.Р – степень риска; К.С.Р – критическая степень риска.

Как видно из рисунке 1.3, с увеличением концентрации вредных веществ наблюдается постепенное возрастание степени риска (первые три фазы) с последующим резким его повышением на последней –четвертой фазе.

Концентрации, при которых происходит трансформация степени риска, зависят от вида токсичного выброса. Концентрация токсичного газа в конце четвертой фазы определяет критическую степень риска – опасный для жизни уровень при кратковременном воздействии [9].

Для загрязняющих веществ вводят нормативы, называемые предельно допустимыми концентрациями (ПДК).

ПДК устанавливаются отдельно по каждой среде. Кроме того, для воздуха ПДК устанавливаются в зависимости от времени воздействия. Под разовой ПДК для воздуха обычно понимают концентрацию, допустимую в течение не более 20 минут. Среднесуточная ПДК — это концентрация вредного вещества в воздухе населённых мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия при неограниченно долгом (годы) вдыхании. Поэтому среднесуточная ПДК есть основной норматив для оценки качества воздуха. В качестве отдельного норматива вводится ПДК рабочей зоны. Эту ПДК определяют, учитывая продолжительность рабочего времени, и за соблюдением этой нормы должны следить органы охраны труда. Особо устанавливаются ПДК для продуктов питания [7].

В таблице 1.6. показаны принятые ПДК основных загрязняющих веществ, характерных для тепловых электрических станций [8].

Таблица 1.6 –ПДК некоторых загрязняющих веществ в воздухе, характерных тепловых электрических станций.

Код ЗВ	Наименование вещества	ПДК <sub>м.р.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>с.с.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
1	2	3	4	6
0301	Азота (IV) диоксид (Азота диоксид)	0,2	0,04	3
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0,4	0,06	3
0328	Углерод (Сажа)	0,15	0,05	3
0330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый, Сернистый газ, Сера (IV) оксид)	0,5	0,05	3
0337	Углерод оксид (Окись углерода, Угарный газ)	5,0	3,0	4
0703	Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	-	0,000001	1
2904	Мазутная зола теплоэлектростанций (в пересчете на ванадий)	-	0,002	2
2908	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния в %: 70-20 (шамот, цемент, пыль цементного производства – глина, зола казахстанских месторождений)	0,3	0,1	3

Рассмотрим влияние основных загрязняющих веществ на человека.

*Диоксид серы (SO<sub>2</sub>) (сернистый газ, сернистый ангидрид)* – бесцветный газ с резким запахом (определяющий запах дымовых газов).

К природным источникам SO<sub>2</sub> относятся действующие вулканы, лесные пожары, морская пена и микробиологические превращения серосодержащих соединений.

Сернистый ангидрид антропогенного происхождения образуется:

- 1) при сжигании топлива на ТЭС, заводах, фабриках, для обогрева помещений, в двигателях внутреннего сгорания;
- 2) в металлургических производствах (при выплавке меди, свинца, цинка из сульфидных руд);
- 3) в производстве серной кислоты;
- 4) при переработке нефти.

Энергетическая промышленность является одним из основных антропогенных источников диоксида серы. Общее количество диоксида серы антропогенного происхождения в развитых промышленных странах превышает количество природного SO<sub>2</sub> в 20–30 раз [1].

Содержание сернистого газа в выбросах ТЭС зависит от вида топлива, его характеристик. Количество выбрасываемого SO<sub>2</sub> в атмосфере определяется состоянием сероочистки. Содержание серы в мазутах, используемых ТЭС в РБ, составляет 1,0–3%. Серосодержание твердых топлив, разных углей изменяется в широких пределах от 0,2–0,4% до 5 % и более.

Продолжительность его пребывания в атмосфере невелико: в сравнительно чистом воздухе – 15–20 суток, в присутствии больших количеств аммиака и других веществ – несколько часов. При наличии

кислорода  $\text{SO}_2$  переходит в  $\text{SO}_3$  и, взаимодействуя с водой, образует серную кислоту.

Конечные продукты указанных реакций распределяются следующим образом: в виде осадков на поверхность литосферы – 43 %, на поверхность гидросферы – 13 %; поглощается: растениями – 12 %, поверхностью гидросферы 13 %. Накопление серосодержащих соединений в основном происходит в Мировом океане [7]. Серная кислота в свою очередь разрушает легочную ткань человека и животных. Особенно четко эта связь прослеживается при анализе детской легочной патологии и степени концентрации диоксида серы в атмосфере крупных городов. Капли серной кислоты вызывают ожоги листьев, хвои, сельскохозяйственных растений.

В присутствии серной кислоты ускоряется электрохимическая коррозия металлов (железа, меди, цинка, алюминия), разрушение строений с известковой кладкой, памятников зодчества, произведений искусства, изделий из мрамора, известняка, отштукатуренных поверхностей, стекол, бетона и других строительных материалов. В большей степени эти разрушения связаны с действием кислотных дождей, т.е. кислот, образующихся не на влажной поверхности материалов, а непосредственно в атмосферном воздухе.

Под воздействием  $\text{SO}_2$  разрушаются и многие органические материалы – бумага (книги, документы), ткани (хлопковые, вискозные, нейлоновые), кожа, резина и красители. С выбросами  $\text{SO}_2$  в атмосферу связано еще и такое явление как смог «Лондонского типа» [2].

*Оксиды азота.* Оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ) образуются при сжигании любого из ископаемых видов топлива, содержащих азотные соединения, а также и не содержащих за счет окисления азота воздуха. Азот образует с кислородом ряд соединений ( $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$  и  $\text{N}_2\text{O}_5$ ), свойства которых, активность и продолжительность существования разные и слабо зависят от вида и состава топлива. Суммарное количество оксидов азота приводят к  $\text{NO}_2$ . Их концентрация определяется режимом и организацией процессов горения топлива. Оксиды азота ( $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$ ), как и  $\text{SO}_2$ , относятся к основным загрязнителям атмосферы. Они вызывают как локальные, так и глобальные изменения в окружающей среде. Концентрация этих газов в чистом воздухе невелика. Для  $\text{NO}_2$  она составляет менее  $2 \cdot 10^{-6}$  %. Монооксид азота  $\text{NO}$  присутствует в воздухе лишь в следовых количествах. Первоначально образующийся монооксид азота  $\text{NO}$  окисляется в диоксид  $\text{NO}_2$  кислородом воздуха:



Монооксид  $\text{NO}$  и диоксид  $\text{NO}_2$  азота в экологической литературе часто обозначают общей формулой  $\text{NO}_x$ .

В несколько большем количестве по сравнению с  $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$  в воздухе

содержится оксид диазота N<sub>2</sub>O. Его концентрация равна 5·10<sup>-5</sup> об %.

*Естественными источниками* оксидов азота в атмосфере являются лесные пожары, грозовые разряды, при которых образуется монооксид NO, окисляющийся затем в диоксид NO<sub>2</sub>:



Оксиды азота, образующиеся в процессах микробиологической денитрификации в почве, также выделяются в атмосферу.

Основное количество оксида диазота N<sub>2</sub>O выделяют азотсодержащие соединения почв, N<sub>2</sub>O образуется также в процессах сжигания биомассы и при использовании азотных удобрений.

Природные источники дают до 770 млн. т NO<sub>x</sub> в год (в пересчете на NO<sub>2</sub>).

Основным *антропогенным источником* оксидов азота (NO и NO<sub>2</sub>) являются процессы высокотемпературного сгорания различных видов топлива (природного газа, угля, бензина, мазута) на тепловых электростанциях, промышленных установках и автомобильных двигателях. Примерно 90% всех выбросов оксидов азота в атмосферу связаны с сжиганием топлива, в процессе которого протекают реакции двух типов: 1) реакция между O<sub>2</sub> воздуха и азотом, содержащимся в топливе, 2) реакция между O<sub>2</sub> воздуха и азотом, содержащимся в воздухе. Ответственность за поступление оксидов азота в атмосферу несут и некоторые отрасли химической промышленности, в частности производители азотной кислоты («лисьи хвосты» над трубами), серной кислоты нитрозным методом, взрывчатых веществ. Антропогенные источники выделяют до 60 млн. т оксидов азота в год (в пересчете на NO<sub>2</sub>) [2].

В большинстве развитых стран главным антропогенным источником оксидов азота остается автомобильный транспорт, на его долю в среднем приходится 40–50% выбросов.

В отличие от сернистого газа основное количество оксидов азота в атмосфере имеет природное происхождение. На долю антропогенных источников приходится только около 10% общей эмиссии<sup>4</sup> NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, в то время как около 90% SO<sub>2</sub> в атмосфере является продуктом человеческой деятельности.

Считается, что оксиды азота сохраняются в атмосфере лишь несколько суток. Однако, несмотря на такую небольшую продолжительность жизни (вспомним, что SO<sub>2</sub> сохраняются в атмосфере до двух недель) оксиды азота, вступая в разнообразные химические реакции, дольше остаются в атмосфере и переносятся на более значительные расстояния от источника, чем соединения серы [2].



Во влажном воздухе диоксид азота вступает в реакцию с  $H_2O$  с образованием азотистой и азотной кислот:



Азотистая и азотная кислота вносят свой вклад в образование кислотных дождей.

Оксиды азота играют большую роль в возникновении фотохимического смога, называемого также фотохимическим туманом. Это смог был впервые обнаружен в 1944 г. над Лос-Анджелесом (США), наиболее часто наблюдался там в последующие годы, поэтому его называют смогом лос-анджелесского типа.

Оксид диазота  $N_2O$ , образующийся главным образом естественным путем, безвреден для человека. Он представляет собой бесцветный газ со слабым запахом и сладковатым вкусом. Вдыхание небольших количеств  $N_2O$  приводит к притуплению болевой чувствительности, вследствие чего этот газ иногда в смеси с кислородом применяют для наркоза. В малых количествах  $N_2O$  вызывает чувство опьянения (отсюда название «веселящий газ»).  $N_2O$  – один из газов, вызывающих парниковый эффект [6].

Оксид азота  $NO$  и диоксид азота  $NO_2$  в атмосфере встречаются вместе, поэтому чаще всего оценивают их совместное воздействие на организм человека. Только вблизи от источника выбросов отмечается высокая концентрация  $NO$ . При сгорании топлива в автомобилях и в тепловых электростанциях примерно 90% оксидов азота образуется в форме монооксида азота. Оставшиеся 10% приходятся на диоксид азота. Однако в ходе химических реакций значительная часть  $NO$  превращается в  $NO_2$  – гораздо более опасное соединение.

Монооксид азота  $NO$  представляет собой бесцветный газ. Он не раздражает дыхательные пути, и поэтому человек может его не почувствовать. При вдыхании,  $NO$  как и  $CO$ , связывается с гемоглобином крови. При этом образуется нестойкое нитрозосоединение, которое быстро переходит в метгемоглобин, при этом  $Fe^{2+}$  переходит в  $Fe^{3+}$ . Ион  $Fe^{3+}$  не может обратимо связывать  $O_2$  и таким образом выходит из процесса переноса кислорода. Концентрация метгемоглобина в крови 60–70% считается летальной. Но такое предельное значение может возникнуть только в закрытых помещениях, на открытом воздухе это невозможно.

По мере удаления от источника выброса все большее количество  $NO$  превращается в  $NO_2$  – бурый, обладающий характерным неприятным запахом газ. Вдыхание ядовитых паров  $NO_2$  может привести к серьезному отравлению. Он вызывает сенсорные, функциональные и патологические эффекты. Рассмотрим некоторые из них. К сенсорным эффектам можно отнести обонятельные и зрительные ответы организма на воздействие  $NO_2$ . Уже при малых концентрациях, составляющих всего  $0,23 \text{ мг/м}^3$ , человек

ощущает присутствие этого газа. *Эта концентрация является порогом обнаружения NO<sub>2</sub>*. Однако способность обнаруживать диоксид азота пропадает после 10 мин вдыхания, но при этом люди жалуются на чувство сухости и першения в горле. Хотя и эти ощущения исчезают при продолжительном воздействии газа в концентрации, в 15 раз превышающей порог обнаружения. Таким образом, *NO<sub>2</sub> ослабляет обоняние*. Также диоксид азота *ослабляет и ночное зрение* – способность глаз адаптироваться к темноте [9].

Этот эффект наблюдается при концентрации 0,14 мг/м<sup>3</sup>, что ниже порога обнаружения.

Функциональным эффектом, вызываемым диоксидом азота, является повышенное сопротивление дыхательных путей. Иными словами, NO<sub>2</sub> вызывает увеличение усилий, затрачиваемых на дыхание. Эта реакция наблюдалась у здоровых людей при концентрации NO<sub>2</sub> всего 0,056 мг/м<sup>3</sup>, что в четыре раза ниже порога обнаружения.

Патологические эффекты проявляются в том, что NO<sub>2</sub> делает человека более восприимчивым к патогенам, вызывающим болезни дыхательных путей. У людей, подвергшихся воздействию высоких концентраций диоксида азота, чаще наблюдаются *катар верхних дыхательных путей, бронхиты, круп и воспаление легких*.

Диоксид азота сам по себе может быть причиной заболеваний дыхательных путей. Попадая в организм человека, NO<sub>2</sub>, при контакте с влагой образует азотистую и азотную кислоты, которые разъедают стенки альвеол легких. При этом стенки альвеол и кровеносных капилляров становятся настолько проницаемыми, что пропускают сыворотку крови в полость легких. В этой жидкости растворяется вдыхаемый воздух, образуя пену, препятствующую дальнейшему газообмену. Возникает *отек легких*, который может привести к смерти [7].

Некоторые исследователи считают, что в районах с более высоким содержанием в атмосфере диоксида азота наблюдается повышенная смертность от сердечных и раковых заболеваний.

Отрицательное биологическое воздействие NO<sub>x</sub> на растения проявляется в обесцвечивании листьев (окисляется хлорофилл), увяданием цветков, прекращении плодоношения и роста. Такое действие объясняется образованием кислот при растворении оксидов азота в межклеточной и внутриклеточной жидкостях [9].

Разрушительное действие NO<sub>2</sub> на растения усиливается в присутствии диоксида серы SO<sub>2</sub>. Это подтверждено на опытах. Эти газы обладают синергизмом, и в атмосфере они часто присутствуют вместе.

На отечественных ТЭС дымовые газы не подвергаются очистке от оксидов азота. В то же время существует множество малозатратных мероприятий, позволяющих технологическими методами существенно снизить уровень их выбросов в атмосферу.

*Оксиды углерода. Монооксид углерода (II) – CO.* Этот газ, называемый также «угарным газом», относится к основным загрязнителям воздуха.

Небольшие количества CO природного происхождения образуются в результате вулканической деятельности и окисления метана в атмосфере.

Антропогенными источниками монооксида углерода является автотранспорт, промышленные печи и котельные (из-за неполного сгорания топлива). Среднее время пребывания CO в атмосфере составляет примерно 6 месяцев

CO – бесцветный, не имеющий запаха газ, поэтому его трудно обнаружить органами чувств. Он вдыхается вместе с воздухом или табачным дымом и, поступая в кровь, конкурирует с кислородом за молекулы гемоглобина (молекулы монооксида углерода присоединяются к гемоглобину в 210 раз легче, чем кислород. Гемоглобин, соединившийся с CO, называется карбоксигемоглобином. Высокая его концентрация в крови человека (60–70%) вызывает летальный исход [1].

Содержание карбоксигемоглобина в крови человека, выкуривающего пачку сигарет в день, составляет в среднем 4,5% (тогда как у некурящего человека в крови содержится всего 0,3–0,5%). Исследования, проведенные с людьми, страдающими стенокардией, показали, что даже при уровне карбоксигемоглобина в крови 2% состояние больных стенокардией ухудшается, а при содержании его в количестве 3% приступы стенокардии начинаются быстрее и происходят дольше обычного. Причина заключается в том, что монооксид углерода уменьшает перенос кислорода к тканям, а ткань, которая особенно чувствительна к недостатку кислорода, – это миокард (сердечная мышца) [9].

Итак, монооксид углерода представляет опасность для человека прежде всего потому, что может связываться с гемоглобином. Но он опасен также тем, что участвует в образовании смога. Кроме того, CO может образовывать с металлами высокотоксичные соединения – *карбонилы* (напр, Fe(CO)<sub>5</sub>), представляющие собой летучие весьма ядовитые жидкости.

Ежегодно доля выбросов CO от антропогенных источников возрастает на 20–30%. Однако суммарная концентрация его в атмосфере увеличивается медленно, так как в природе происходят процессы связывания CO путем окисления в CO<sub>2</sub> (накоплению CO в атмосфере препятствуют высшие растения, водоросли и особенно микроорганизмы почвы).

*Диоксид углерода или углекислый газ (CO<sub>2</sub>)* – продукт сгорания углеродсодержащих веществ. Обычно концентрация этого газа в воздухе не превышает 0,03 %, что не оказывает влияние на человека. При содержании CO<sub>2</sub> в воздухе более 3% у людей учащается дыхание, сердцебиение, повышается давление крови, замедляется пульс и т.д. Большие концентрации CO<sub>2</sub> (свыше 10%) вызывают бурную отдышку и паралич дыхательного центра.

Увеличение количества сжигаемого природного топлива с развитием индустриализации многих стран, особенно в течение последних 100–200 лет,

привело к заметному повышению содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере. Попавший в атмосферу  $\text{CO}_2$  находится в ней в среднем 2–4 года, и за это время он распространяется повсеместно по всей земной поверхности.

Влияние  $\text{CO}_2$  проявляется прежде всего в его способности поглощать инфракрасные лучи, вызывать так называемый *парниковый эффект*, т.е. потепление климата на Земле. При нынешних темпах использования органических топлив в ближайшие 50 лет прогнозируется повышение среднегодовой температуры на планете в пределах от  $1,5^\circ\text{C}$  (близ экватора) до  $5^\circ\text{C}$  (в высоких широтах).

В то же время из-за увеличения запыленности атмосферного воздуха рост содержания  $\text{CO}_2$  в нем не приводит к повышению его температуры, а скорее создает условия для его понижения.

*Твердые выбросы.* Промышленные пыли по происхождению подразделяются:

1) Механическую – образуется в результате измельчения продуктов в ходе технологических процессов.

2) Возгоны – пыль, образующаяся при объемной конденсации паров веществ при охлаждении газа.

3) Летучая зола – пыль в виде несгораемого остатка топлива, образующаяся из его минеральных примесей при горении, содержащаяся в дымовых газах во взвешенном состоянии.

4) Промышленная сажа – пыль в виде твердого высокодисперсного углерода, образующаяся при неполном сгорании или термическом разложении углеводородов, входящая в состав промышленного выброса.

При работе пылеугольных и мазутных ТЭС в атмосферу выбрасывается пыль различного состава. Считается, что антропогенные загрязнения воздуха пылью не превышают 5%. Однако по своему составу пыль достаточно опасна для человека, вызывая легочные и аллергические заболевания.

В общем объеме атмосферы пыль составляет ничтожно малую долю. В то же время основная часть загрязнения пылью сконцентрирована над городами, с суммарной площадью не более 2% суши. Частицы пыли разносятся на большие расстояния. Загрязнение пылью населенных пунктов крайне неравномерное с преобладанием этого показателя для городской местности [1].

Для энергетики Казахстана проблема пылеулавливания на ТЭС не является первоочередной из-за преобладания природного газа в качестве топлива. Для пылеугольных ТЭС эта проблема относится к числу актуальных, требующих постоянного внимания.

Физиологическое влияние пыли на человеческий организм (токсичность пыли). Главную опасность для человека представляет пребывание в сильно запыленной среде, при котором значительное количество пыли попадает в организм. При этом создаются условия для длительного контакта относительно большой массы пыли со слизистой

поверхностью дыхательных путей, которая наиболее восприимчива к ее действию.

Большое значение имеет размер частиц пыли, так как, чем мельче частицы, тем глубже они проникают в дыхательную систему, проходя в легкие и оседая там, на длительный срок, вызывая поражение легочной ткани.

Пылинки могут проникнуть в поры потовых и сальных желез, закупоривая их и затрудняя функции этих желез. Попавшие с пылью микробы в закупоренных протоках сальных желез могут развиваться, вызывая гнойничковые заболевания кожи – пиодермию. Закупорка потовых желез пылью в условиях горячего цеха вызывает уменьшение потоотделения, что затрудняет терморегуляцию [1].

Пыль, попавшая в глаза, вызывает воспалительный процесс слизистых оболочек – конъюнктивит. Действие пыли вызывает раздражение верхних дыхательных путей и воспаление их.

Нетоксичные пыли, находясь в легких длительное время, постепенно вызывают разрастание вокруг каждой пылинки соединительной ткани, которая не способна воспринимать кислород из вдыхаемого воздуха. Это процесс разрастания соединительной ткани протекает медленно, как правило, годами. При длительной работе в условиях высокой запыленности, разрастаясь соединительная ткань постепенно замещает легочную, снижая таким образом основную функцию легких – усвоение кислорода и выделение углекислоты.

*Бензапирен.* (4-е ароматических кольца соединены между собой и все, больше ничего). Относится к чрезвычайно опасным загрязняющим веществам и образуется при неполном сгорании углеводородных топлив или других различных органических веществ (бензапирен содержится в табачном дыме) [2]. Бензапирен – один из сильнейших канцерогенов.

Загрязнение атмосферы бензапиреном резко возросло в связи с развитием автомобильного транспорта и интенсивным потреблением горючих ископаемых (так, ГРЭС мощностью 2 млн. кВт ежедневно сжигает 17800 т угля и 2500 т мазута). В США ежегодно выпускается в атмосферу до 1300 т. бензапирена. А чтобы вызвать рак легких и кожи человека, достаточно нескольких миллиграммов этого вещества.

#### **1.4. Природоохранные мероприятия, технические решения по повышению уровня экологической безопасности, снижению выбросов ТЭС**

Ограничения выбросов вредных веществ в атмосферу осуществляются с помощью технических мероприятий. К ним относятся:

1. переход на нетрадиционную энергетику;
2. замена сырья теми его видами, при сгорании которых образуется меньшее количество вредных веществ;

3. предварительная обработка топлива (десульфаризация, газификация);

4. изменение технологии производства:

а) изменение конструкции пылеугольной горелки, которая формирует факел и определяет процессы горения в факеле;

б) применение различных схем ступенчатого сжигания (по вертикали, горизонтали, трехступенчатое и т.п.);

в) создание замкнутых производственных циклов;

5. отделение твердых частиц, а также удаление и обезвреживание вредных газообразных веществ;

6. повышение степени распределения вредных веществ на большую площадь путем применения более высоких дымовых труб.

*Обеспыление промышленных газов.* Основные свойства промышленных пылей. Для выбора аппаратов с целью эффективной очистки газа необходимо знать следующие основные свойства промышленной пыли:

1. Дисперсность или размер частиц. Размер частиц пыли является одной из основных характеристик, определяющих выбор типа аппарата или системы аппаратов для очистки газа. Крупная пыль лучше, чем мелкая оседает из газового потока и может быть уловлена в аппарате простейшего типа. Для очистки газа от мелкой пыли зачастую требуется не один, а несколько аппаратов установленных последовательно по ходу газа [3].

Одной из классификаций пыли по размерам служит ее разделение на:

1) Крупную (крупнодисперсную) пыль (размером  $> 10$  мкм);

2) Мелкую (мелкодисперсную) пыль (размером  $< 10$  мкм);

3) Возгоны (размером  $< 1$  мкм).

Форма. Пыль состоит из частиц самой разнообразной формы. Но при расчетах пылеуловителей для простоты принимают сферическую форму.

*Химический состав пыли.* Он всегда характерен для данного производства или технологического процесса. Так пыль, образующаяся во время плавки металлов, состоит из оксидов этих металлов флюсов и добавок; пыль в производстве строительных материалов состоит из их минеральных составляющих; текстильная пыль образуется из мельчайших частиц перерабатываемых волокон и т.п.

По химическому составу пыли судят о ее токсичности. Зная химический состав пыли, можно обоснованно выбрать мокрый или сухой способ очистки газа. Так если пыль содержит компоненты, способные образовывать с водой или другой жидкостью, подаваемой на орошение аппаратов, соединения, которые при оседании на стенках аппаратов и газоходов трудно удалять, применять мокрый способ очистки газов нельзя; при наличии в руде серы во время металлургических процессов в газ переходят ее оксиды, которые при мокром способе очистки образуют кислоты. В этом случае следует принимать меры по защите аппаратов и газоходов от коррозии и обеспечивать нейтрализацию шламовых вод. Поэтому для очистки таких газов целесообразнее применять сухой способ.

При наличии в составе пыли оксидов кремния и аналогичных им соединений применяют меры по защите аппаратов и газоходов от механического истирания [9].

*Воспламеняемость и взрывоопасность.* Чем меньше размеры частиц тем больше их удельная поверхность и выше физическая и химическая активность пыли.

Высокая химическая активность некоторых видов пыли является причиной ее взаимодействия с кислородом воздуха. Окисление частиц пыли сопровождается повышением температуры. Поэтому в местах скопления пыли возможны ее самовоспламенение и взрыв. Поэтому при проектировании пылеуловителей для улавливания такого рода пылей необходимо предусмотреть установку взрывных клапанов.

По степени пожаро- и взрывоопасности пыли делятся на две группы и четыре класса. К *группе А* относятся взрывоопасные пыли с нижним концентрационным пределом взрываемости<sup>9</sup> до  $65 \text{ г/м}^3$ . Из них пыль с нижним пределом взрываемости до  $15 \text{ г/м}^3$  относится к *I классу*, а остальные – ко *II классу*.

В *группу Б* входят пыли имеющие нижний концентрационный предел выше  $65 \text{ г/м}^3$ . Из них пыли, температура воспламенения которых до  $250^\circ\text{C}$ , относятся к *III классу*, а пыли, воспламеняющиеся при температуре выше  $250^\circ\text{C}$ , – к *IV классу*.

Взрывоопасность пыли различных видов топлива зависит от содержания летучих, влажности, зольности, тонкости помола, концентрации пыли в воздухе, температуры воздуха и пыли.

Угли с содержанием летучих компонентов менее 10% невзрывоопасны. Пыль угля с выходом летучих более 30% взрывоопасна при  $65\text{--}70^\circ\text{C}$ . Наиболее опасны концентрации угольной пыли в пределах от 300 до  $600 \text{ г/м}^3$ .

Смачиваемость пыли – способность частиц адсорбировать влагу на своей поверхности. Более крупные частицы смачиваются лучше [3].

Смачиванию препятствует газовая оболочка, образующаяся вокруг мелких частиц пыли. Чем крупнее частицы пыли и чем округлее их форма, тем слабее силы, удерживающие газовую оболочку вокруг поверхности частиц, и, следовательно, тем больше их способность смачиваться. Смоченные частицы лучше отделяются от газа в аппаратах газоочистки.

Смачиваемость определяется путем измерения доли смоченного и погрузившегося на дно сосуда порошка насыпанного тонким слоем на поверхность воды.

Пыли по смачиваемости разделяют на три группы:

1. Гидрофобная (плохо смачиваемая, менее 30%);
2. Умеренно смачиваемая (30–80 %);
3. Гидрофильная (хорошо смачиваемая, 80–100%).

В зависимости от химического состава некоторые пыли при смачивании водой схватываются (цементируются, затвердевают). Такие пыли

при оседании на стенки аппаратов и газоходов образуют трудно удаляемые отложения.

*Плотность пыли.* Различают *истинную плотность* пыли и *плотность насыпной массы*. Истинная плотность пыли обусловлена химическим составом материала, из которого она образована, и измеряется отношением массы пыли к занимаемому ею объему.

В процессе очистки уловленная пыль собирается в определенную емкость (бункер пылеуловителя) и образует насыпную массу. Плотность насыпной массы из-за наличия воздушных пустот между частицами несколько меньше. Этой величиной обычно пользуются для определения объема, который занимает пыль в бункерах (чтобы определить необходимый размер бункера) [1].

В зависимости от размеров частиц насыпная плотность может быть меньше истинной в 2-3 раза для крупной пыли и более чем на порядок для мелкой. Плотность пыли играет большую роль при очистке газа. Чем больше плотность пыли, тем выше степень очистки.

*Абразивность пыли.* Абразивность – способность пыли вызывать истирание стенок конструкций и аппаратов, с которыми соприкасается пылегазовый поток. Она зависит от:

- твердости и плотности материала, из которого образовалась пыль;
- размера частиц пыли, их формы;
- скорости потока.

При значительной абразивности пыли воздуховоды, газоходы, стенки пылеулавливающих аппаратов выходят из строя в весьма короткий срок. Поэтому в ряде случаев применяют специальные облицовочные защитные материалы.

Угол естественного откоса – угол, который занимает пыль в свеженасыпанном состоянии. По углу естественного откоса пыли делают уголь наклона бункеров пылеуловителей.

Коагуляция (укрупнение) пыли заключается в способности ее мелких частиц слипаться между собой (под действием молекулярных сил) и образовывать крупные частицы.

Частицы размером более 100 мкм практически не коагулируют. Удельное электрическое сопротивление (УЭС) представляет собой омическое сопротивление образца пыли в форме куба с гранями 1 м прохождению электрического тока (Ом·м).

Величина УЭС слоя пыли на электродах электрофильтра является одним из важных факторов, влияющих на эффективность работы сухих электрофильтров.

Существует критическое значение УЭС пыли, при которой КПД аппарата резко снижается. Это происходит вследствие появления обратной короны или за счет большого падения напряжения на слое высокоомной пыли, находящейся на осадительном электроде.

Все пыли по УЭС разделяют на *три* группы:



*I. группа.* Частицы пыли, имеющие УЭС меньше  $10^4$  Ом·м.

Они легко разряжаются и, приобретая одноименный с осадительными электродами заряд, отрываются от поверхности и попадают в газовый поток, способствуя увеличению вторичного уноса. Примером такой пыли могут служить частицы недогоревшего топлива (недожог) в дымовых газах котельных агрегатов, плохо улавливаемые в электрофильтрах<sup>10</sup>.

*II. группа.* Частицы пыли с удельным сопротивлением  $10^4$ – $10^{10}$  Ом·м.

Они удовлетворительно улавливаются в электрофильтрах. При осаждении на электроде эти пыли разряжаются не сразу, а через некоторое время, достаточное для накопления слоя и формирования из мелких осажденных частиц агломератов под действием электрических сил. Размер агломератов обычно таков, что основная часть пыли при встряхивании электродов попадает в бункер электрофильтра и только небольшое количество уносится газовым потоком, образуя вторичный унос. К таким пылям носится цементная пыль (при производстве цемента мокрым способом).

*III. группа.* Частицы пыли с удельным сопротивлением выше  $10^{10}$  Ом·м.

Они создают наибольшие трудности в протекании процесса электрической фильтрации, так как вызывают появление обратной короны.

Принцип действия пылеуловителей. Работа любого пылеуловителя основана на использовании одного или нескольких механизмов осаждения взвешенных в газах частиц.

*Гравитационное осаждение (седиментация)* происходит под действием силы тяжести при прохождении частиц через газоочистной аппарат [2].

*Осаждение под действием центробежной силы* происходит при криволинейном движении (вращении) аэродисперсного потока.

*Инерционное осаждение* происходит в том случае, когда масса частицы или скорость ее движения настолько значительны, что она не может следовать вместе с газом по линии тока, огибая препятствие, а, стремясь по инерции продолжить свое движение, сталкивается с препятствием и осаждается на нем.

*Электрическое осаждение* действует, когда происходит заряд частиц, содержащихся в газах, а затем под действием электрического поля они осаждаются на электродах. Электрическое осаждение возможно и при взаимодействии твердых частиц с каплями жидкости, причем электрический заряд может быть подведен либо к орошающей жидкости, либо одновременно и к частицам, и к жидкости.

Помимо указанных выше основных механизмов осаждения можно перечислить и ряд других: *термофорез, диффузиофорез, фотофорез, воздействие магнитного поля* и др. Влияние того или иного механизма на осаждение частиц определяется целым рядом факторов, и в первую очередь

их размером.

В технике пылеулавливания применяется большое число аппаратов, отличающихся друг от друга, как по конструкции, так и по принципу осаждения взвешенных частиц. По способу улавливания пыли их обычно подразделяют на аппараты сухой, мокрой и электрической очистки газов.

В основе работы сухих пылеуловителей лежат гравитационные, инерционные и центробежные механизмы осаждения. Самостоятельную группу аппаратов сухой очистки составляют пылеуловители фильтрационного действия. В основе работы мокрых пылеуловителей лежит контакт запыленных газов с промывной жидкостью. В электрофильтрах осаждение частиц пыли происходит за счет сообщения им электрического заряда.

Приведенная на рисунке 1.5 классификация пылеуловителей не претендует на абсолютность, так как существует значительное число аппаратов, работа которых основана на совмещении различных принципов осаждения. Так, например, волокнистый фильтр при улавливании туманов может быть отнесен к категории мокрых пылеуловителей. То же самое можно сказать и о мокром электрофильтре. Поэтому данную классификацию следует рассматривать как условную, позволяющую тем не менее достаточно наглядно охватить абсолютное большинство существующих пылеуловителей.

Сухие пылеуловители делятся на *гравитационные, инерционные, фильтрующие (фильтрационные) и электрические*. По некоторым особенностям их действия или основному конструктивному признаку группы пылеуловителей делятся на подгруппы, а в зависимости от специфики конструктивного оформления на типы аппаратов.

*Гравитационные пылеуловители* – пылеосадительные камеры, в которых выпадение частиц из газового потока происходит под действием силы тяжести [6].

В *инерционных пылеуловителях* выделение частиц из газового потока происходит под действием сил инерции, возникающих вследствие изменения направления или скорости движения газа. Они делятся на три подгруппы: *жалюзийные* (пластинчатые или конические); *циклонные* (возвратнопоточные, прямоточные и вихревые); *ротационные*.



Рисунок 1.5. - Схема классификации пылеуловителей

*Электрофильтры* действуют на основе сообщения частицам в поле коронного разряда электрического заряда с последующим их осаждением на осадительных электродах. Электрофильтры делятся на две подгруппы: *однозонные* и *двухзонные* с осадительными электродами *пластинчатыми* и *трубчатыми*, *подвижными* и *неподвижными*.

*Фильтрующие пылеуловители* — это устройства, в которых выделение частиц пыли из газового потока происходит вследствие его прохода через слой пористого материала. Эта группа состоит из следующих подгрупп: *тканевые фильтры* (каркасные и рукавные), *волокнистые* (рукавные, панельные, ячейковые), *зернистые* (насыпные, жесткие), *сетчатые* (ячейковые, барабанные).

#### **Выводы по главе.**

– По мере бурного развития промышленности значительно увеличивается антропогенное воздействие на окружающую среду. Для оценки степени опасности отраслей промышленности на окружающую среду была создана классификация, учитывающая параметры токсичности сбросов и выбросов;

– одним из основных источников антропогенного загрязнения окружающей среды согласно данной классификации является энергетическая отрасль. Основным производителем тепловой и электрической энергии являются угольные тепловые электрические станции. ТЭС выбрасывают 20÷30 % загрязняющих веществ;

– основными загрязняющими веществами, выбрасываемыми ТЭС являются окислы азота, окислы серы, окислы углерода, пыль и зола, также бенз(а)пирен;

– для снижения влияния тепловых станций на окружающую среду предусматривается ряд технических мероприятий, включающий переход на нетрадиционную энергетику; замена сырья теми его видами, при сгорании которых образуется меньшее количество вредных веществ; внедрение очистных сооружений; изменение технологии производства. Поскольку переход на нетрадиционную энергетику на данный момент не может покрыть потребность в тепловой и электрической энергии, а замена сырья на менее токсичные не всегда возможно и экономически целесообразна, актуальным является вопрос поиска новых методов и технологий сжигания твердого топлива.

## 2. АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУЩЕСТВУЮЩЕГО СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.

### 2.1. Природная среда

Предполагаемый метод сжигания топлива может быть использован при строительстве ТЭЦ-3 в г. Астане.

*Климат.* Город Астана расположен в зоне сухой степи, подзоне сухих типчаково-ковыльных степей. Климат резко континентальный, засушливый. Отмечаются большие годовые и суточные колебания температуры воздуха, высокая активность ветрового режима в течение всего года, большая повторяемость метелей, пыльных бурь, туманов.

Для теплого полугодия характерны высокая температура воздуха, незначительные осадки и довольно большая сухость воздуха, а для холодного полугодия продолжительная холодная зима с устойчивым снежным покровом, значительными скоростями ветра и частыми метелями.

Самый холодный месяц - январь; самый жаркий - июль.

Средняя температура наиболее холодной пятидневки - минус 35 °С, средняя температура самого холодного месяца - минус 16,7 °С, средняя температура самого жаркого месяца - плюс 20,2 °С. Продолжительность отопительного периода со среднесуточной температурой  $\leq 8$  °С составляет 215 суток.

Среднемесячные и годовая температуры наружного воздуха по данным [12] приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Среднемесячные и годовая температуры наружного воздуха г. Астаны

Показатели	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Температура, °С	-16,7	-16,2	-10,4	2,9	12,7	17,9	20,4	17,9	11,4	2,9	-7,2	-14,0	1,8

Средняя месячная относительная влажность воздуха в 13 часов:

наиболее холодного месяца – 80 %

наиболее жаркого месяца – 42 %.

При среднегодовой сумме осадков 335 мм в год в виде снега выпадает около 100 мм. Снежный покров сохраняется с октября до апреля. Период обильных дождей приходится на июль и август.

По данным многолетних наблюдений нормативная глубина промерзания грунта - 1,85 м.

Среднемесячная и годовая сумма осадков (мм) приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Среднемесячная и годовая сумма осадков, мм

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ГОД
20	14	18	21	31	43	52	42	27	28	20	19	335

В таблице 2.3 приведены среднемесячная и годовая относительная влажность воздуха (%).

Таблица 2.3. - Среднемесячная и годовая относительная влажность воздуха, %

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ГОД
81	81	82	71	56	55	58	60	63	73	82	83	70

Ветреная погода - характерная черта местного климата. Наибольшее количество дней с сильным ветром приходится на зимние и весенние месяцы.

В таблице 2.4 приведены среднемесячная и годовая скорости ветра (м/с).

Таблица 2.4 - Среднемесячная и годовая скорости ветра, м/с

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ГОД
5,6	5,5	6,2	5,8	5,5	4,9	4,5	4,4	4,5	5,4	5,8	5,8	5,3

Наибольшие скорости ветра (7,7 м/с) характерны для юго-западного направления, которое является преобладающим. Часты ветры западных и южных румбов со скоростью соответственно 6,2 и 5,6 м/с. Число дней с сильным ( $\geq 15$  м/с) ветром составляет в среднем 3÷5, максимально 13÷16 в месяц. Число дней с метелью колеблется от 5÷9 в среднем до 18÷25 дней в месяц в наиболее ветреные и многоснежные зимы.

В летний период года преобладают ветры северо-восточных румбов. Предел их комфорта составляют ветры со скоростью  $>6$  м/с, повторяемость таких ветров в мае-ноябре составляет 30÷40 %. Число дней с пыльной бурей составляет 3÷5 дней в месяц.

В таблице 2.5 приводится повторяемость и средняя скорость ветра по направлениям в январе и июле.

Таблица 2.5 - Повторяемость и средняя скорость ветра по направлениям в январе и июле

С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	ШТИЛЬ, %
<b>Январь</b>								
$\frac{1}{4,8}$	$\frac{14}{5,9}$	$\frac{7}{4,4}$	$\frac{18}{4,2}$	$\frac{19}{5,6}$	$\frac{30}{7,7}$	$\frac{9}{6,4}$	$\frac{2}{4,5}$	11

Июль								
$\frac{12}{5,1}$	$\frac{19}{5,0}$	$\frac{10}{5,1}$	$\frac{10}{4,4}$	$\frac{8}{4,1}$	$\frac{11}{5,0}$	$\frac{14}{5,4}$	$\frac{16}{5,1}$	13

Примечание: Числитель - направление ветра, %, Знаменатель - средняя скорость ветра по направлениям, м/с.

## 2.2. Характеристика природных условий

*Рельеф.* Рельеф г. Астаны представлен слабоволнистой водораздельной равниной, занимающей 2/3 городской территории, мелкосопочником в северной и юго-восточной ее части и аккумулятивной долиной р. Ишим.

В целом рельеф городской территории характеризуется отсутствием заметных уклонов и отчетливо выраженных форм, геоморфологические элементы плавно и незаметно переходят друг в друга. Равнина слабо наклонена к р. Ишим в юго-западном направлении. Ее абсолютные отметки составляют 350÷392 м. Поверхность равнины плоская или слабоволнистая с уклонами до 0,5 %, реже 2÷3 %. Вдоль слабо выраженных гряд пологих холмов отмечаются превышения 5÷10 м, где скальные породы выходят на дневную поверхность.

Район размещения площадки ТЭЦ-3 располагается между южной частью Западно-Сибирской низменности и северной окраиной Казахского нагорья, где проходит смена мелкосопочного рельефа на пологоволнистый.

Рельеф равнинный, имеет степную растительность. В местах понижений рельефа (преимущественно в южной части) встречаются заболоченные участки с камышовой растительностью, которые к середине лета пересыхают.

Абсолютные отметки в районе производства топографической съемки колеблются в пределах от 351 до 359 м в Балтийской системе высот.

*Почвы.* Город Астана расположен в зоне сухой степи, подзоне сухих типчаково-ковыльных степей на темно-каштановых почвах.

В окружении города зональные пахотнопригодные почвы (темно-каштановые) освоены в сельскохозяйственном производстве почти полностью. Почвенный покров не однороден, носит комплексный характер. Лучшие плодородные почвы представлены темно-каштановыми среднemosными и темно-каштановыми маломосными. Большую территорию занимают комплексы почв с солонцами степными средними, мелкими и корковыми. Встречаются также солонцы степные солончаковатые. Темно-каштановые малоразвитые почвы в комплексе с солонцами формируются на низкогорьях и мелкосопочнике. Солончаки в сочетании с солонцами солончаковыми также занимают большую территорию.

В пойме реки Ишим значительная площадь занята лугово-аллювиальными почвами. Наибольшую площадь на территории города и в его окружении составляют темно-каштановые маломощные почвы в комплексе с солонцами мелкими и средними.

Вышеизложенные данные по качеству почв показывают, что лесорастительные условия территории города и его окружения сложные. Выращивание зеленых насаждений на засоленных почвах требует значительных капитальных вложений и специальные виды мелиорации.

В настоящее время, Северо-Казахстанским региональным отделением ГПИ «Казгипролесхоз», вокруг города Астана на территории площадью 5 795 га проведено обследование почв. Отводимые земли предназначаются для создания «зеленого пояса» города.

Качество почв по лесопригодности в процентном соотношении распределились следующим образом: лесопригодные почвы занимают 14 %, ограниченно-лесопригодные – 15 %, условно-лесопригодные – 11 %, нелесопригодные – 60 %.

По всем группам почв выделены ухудшающие лесорастительные свойства. При высокой агротехнике, направленной на разрушение плотного карбонатного горизонта и мероприятий по накоплению влаги под создание кулисных насаждений, отрицательные показатели для первых двух групп почв могут быть значительно снижены. На почвах условно-пригодных возможны лесонасаждения только для очень солеустойчивых древесно-кустарниковых пород.

Территория промплощадки ТЭЦ-3 расположена в подзоне каштановых почв. Почвообразующими породами служат легкие суглинки и супеси, реже средние суглинки, на которых формируются бурые почвы, часто в комплексе или в сочетании с такырами и солончаками под солянково-попынкой, с редкими эфемерами растительностью.

Почвообразующими породами служат элювиально-делювиальные отложения различного механического состава. По механическому составу выделяются легко- и среднесуглинистые разновидности.

*Растительность.* С учетом географической зональности г. Астана располагается в степной зоне, в подзоне сухих типчаково-ковыльных степей на темно-каштановых почвах, во внезональной природной области - долине р. Ишим, что получило отражение в характеристике растительного мира.

До массового освоения целинных земель на прилегающей к городу территории существовала степная растительность, а также луговая и болотная, редко лесная.

На распаханых площадях произошло полное снятие естественного степного покрова, который в настоящее время сохранился лишь на отдельных небольших разрозненных участках.

Нераспаханные земли используются в качестве естественных сенокосов и пастбищ, на которых преобладают узколистые дерновинные злаки и разнотравье.



На водораздельной равнине на черноземах южных и темно-каштановых почвах произрастает ковыльно-типчаковая группировка с примесью полыни.

На участках мелкосопочника растительность богаче и развита, в основном, ковыльно-типчаковая группировка с примесью грудницы.

В понижениях лугово-степная, а в условиях избыточного увлажнения (западинах) развивается лугово-болотная растительность с преобладанием осоковых.

Наиболее продуктивны заливные луга в пойме р. Ишим.

На солончаках произрастает селерогово-солянковая группировка, иногда растительность отсутствует совсем.

Древесная растительность занимает незначительную территорию и носит колочный характер. В пойме реки встречается ивняк, по западинам растут береза и осина. В 16 - 18 км к востоку от города находится березовый колос "Чубары".

Территория размещения проектируемой станции представляет собой неводеланную степь с полынно-злаковой растительностью, представленной ковылем, типчаком, полынью и другими видами степной растительности. К концу лета растительность в основном выгорает. В местах понижений рельефа (преимущественно в южной части) встречаются заболоченные участки с камышовой растительностью, которые к середине лета пересыхают. Редко на площадке встречаются отдельные группы деревьев и кустарников.

*Исследование уровня электромагнитного поля.* Севернее площадки ТЭЦ-3 находится подстанция КЕГОК. Замеры уровня электромагнитных полей промышленной частоты (50 Гц) проведены вдоль северной границы площадки ТЭЦ-3 на расстоянии 50 метров от ЛЭП.

По результатам исследований установлено, что напряженность электрического поля на территории площадки ТЭЦ-3 не превышает предельно-допустимые уровни (ПДУ) для городской территории вне жилой застройки – 5 000 В/м.

*Исследование радиологического фон.* Измерения радиологического фона проведены на территории площадке ТЭЦ-2. В ходе измерений радиационные аномалии не выявлены, уровень гамма-фона составил 0,14-0,19 мкЗв/ч, что меньше допустимого уровня – 0,3 мкЗв/ч.

По результатам инженерно-экологических изысканий установлено, что территория, выбранная под строительство ТЭЦ-3, характеризуется уровнями загрязнения компонентов окружающей среды, не превышающих допустимые и в целом может быть охарактеризована как «относительно удовлетворительная», исходя из условий размещения площадки в промышленной зоне города.

### 2.3. Характеристика климатических условий

Город Астана расположен в северной части центрального Казахстана в степной зоне. Климат резко континентальный с характерной долгой, холодной и ветреной зимой, коротким и жарким летом.

Город расположен на сравнительно обширной равнинной местности. Сильные ветры, сохраняющиеся круглый год, способствуют образованию свежего воздуха и в значительной степени помогают рассеивать загрязненный воздух. В зимний период преобладают юго-западные, а в летний – северо-восточные ветры, при этом, среднегодовое преобладающее направление ветра – южное, с повторяемостью около 52%.

Характерной чертой климата г.Астаны являются сильные пыльные бури.

Полусухой климат со среднегодовым количеством осадков, едва превышающим 300 мм, является причиной накопления в воздухе пыли.

Основные метеорологические характеристики и коэффициенты, определяющие условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере, приняты в соответствии с [10,11,12] и представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 - Основные метеорологические характеристики и коэффициенты, определяющие условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере.

№ п/п	Наименование характеристики	Обозначение Размерность	Величина	
1.	Коэффициент, зависящий от стратификации атмосферы	A	200	
2.	Коэффициент рельефа местности	$K_p$	1	
2.	Средняя температура наружного воздуха наиболее холодного месяца	$T_3, ^\circ\text{C}$	-16,7	
4.	Средняя температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки	$t^\circ, ^\circ\text{C}$	-35	
5.	Средняя максимальная температура наружного воздуха наиболее жаркого месяца	$t^\circ, ^\circ\text{C}$	+27	
6.	Среднегодовая скорость ветра	$U, \text{ м/с}$	5	
7.	Скорость ветра, повторяемость которой не превышает 5%	$U^*, \text{ м/с}$	8,5	
8.	Повторяемость ветра по направлениям:	%	<u>январь</u>	<u>июль</u>
	- северное (С)		1	12
	- северо-восточное (СВ)		14	19
	- восточное (В)		7	10
	- юго-восточное (ЮВ0)		18	10
	- южное (Ю)		19	8
	- юго-западное (ЮЗ)		30	11
	- западное (З)		9	14
	- северо-западное (СЗ)		2	16
- штиль	11	13		

*Характеристика современного состояния воздушной среды.* Согласно районированию территории РК по потенциалу загрязнения атмосферы (ПЗА) г. Астана относится ко 2-ой зоне потенциала загрязнения (см. рисунок 2.1).

По данным РГП "Казгидромет" в 2016 году, уровень загрязнения атмосферного воздуха оценивался **высоким**, он определялся значениями ИЗА=7 (высокий уровень), СИ=8 (высокий уровень), НП=52% (очень высокий уровень) [13].

В целом по городу средние концентрации взвешенных веществ составляли 2,4 ПДК<sub>с.с.</sub>, диоксида азота – 1,9 ПДК<sub>с.с.</sub>, концентрации остальных загрязняющих веществ – не превышали ПДК.

Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) г.Астаны в 2014 г. составил 4,6. По показателю ИЗА г.Астана занимает одиннадцатое место среди двадцати городов РК (максимальный ИЗА в г. Алматы – 12,7) [13].

Загрязнение атмосферного воздуха города Астаны определяется выбросами предприятий стройиндустрии, энергетики и автотранспорта.

Наблюдения за уровнем загрязнения атмосферного воздуха г. Астаны проводятся на четырех стационарных постах наблюдения (СПН) РГП "Казгидромет" № 1÷4, по пяти загрязняющим веществам: пыль, диоксид серы, диоксид азота, оксид углерода, фтористый водород.



Рисунок 2.1. - Обзорная карта Казахстана. Потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА).

В таблице 2.7 приведены значения существующих фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г.Астаны, представленные РГП "Казгидромет" по данным наблюдений за 2011÷2015 гг. на стационарном посту № 3 с учетом вклада действующей ТЭЦ-1 СПН №3, расположен на пересечении улиц Гоголя и Самаркандской, на расстоянии 1,3 км от ТЭЦ-2.

Таблица 2.7 - Фоновое загрязнение воздуха г.Астаны за 2011÷2015 гг.

Номер поста	Примесь	Концентрация, $C_{\phi}$ – мг/м <sup>3</sup>				
		Скорость ветра (3-U*) м/сек				
		Штиль 0-2 м/сек	Север	Восток	Юг	Запад
№3	Взвешенные вещества	0,6015	0,5772	0,5952	0,5426	0,5303
	Диоксид азота	0,2899	0,2679	0,3057	0,2524	0,2354
	Оксид углерода	0,0885	0,0373	0,0331	0,0341	0,0447
	Диоксид серы	0,0085	0,0066	0,0102	0,0071	0,0059

Согласно представленным данным, отмечается превышение ПДК: по диоксиду азота — 1,2÷1,5 ПДК, по взвешенным веществам — в 1,1÷1,2 ПДК.

Интенсивный рост загрязнения атмосферного воздуха города наблюдается в последний десять лет (рисунок 2.2), что связано со значительными темпами развития столицы.

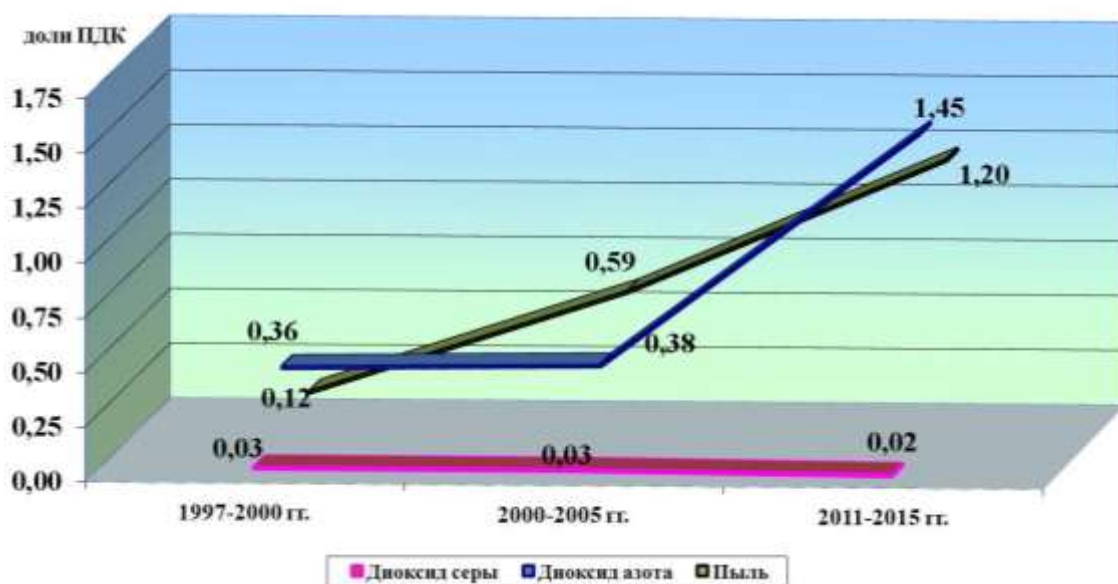


Рисунок 2.2. - Динамика изменения фонового загрязнения атмосферного воздуха г.Астаны.

## 2.4. Социально-экономическая среда

Астана — столица Республики Казахстан — это современный, развивающийся быстрыми темпами город, в архитектурном облике которого переплелись лучшие традиции европейского и восточного зодчества. В рекордно короткие сроки неузнаваемо изменился городской пейзаж, и город продолжает массово застраиваться.

Территория города — 772 кв. км.

За несколько лет население города выросло на треть. Численность населения на 1 января 2016 г. составила 872,655 тыс. чел.

*Развитие экономики.* По итогам 2014 года объем ВРП города Астаны составил 4 023,8 млрд. тенге, на долю города в общем объеме ВВП приходится 10,3 %. В структуре ВРП наибольшую долю занимают услуги и торговля (86,8 %), в том числе услуги – 64,2 %, оптовая и розничная торговля – 22,6 %. На долю промышленного производства и строительства приходится 3,6 % и 9,6 % соответственно.

*Промышленность.* В структуре промышленного производства основная доля приходится на обрабатывающий сектор – 84,1 %, производство и распределение электроэнергии, газа и воды – 15,9 %. В целом отмечается увеличение доли города Астаны в республиканском объеме с 1,3 % в 2012 году до 1,9 % в 2014 году. В 2014 году значительная динамика развития наблюдалась в металлургической промышленности, рост выпуска готовых металлических изделий составил 31%, прочей неметаллической минеральной продукции на 21 %, резиновых и пластмассовых изделий на 6,8 %, продуктов питания на 6,6 % и т.д [14].

Работа по наращиванию промышленного потенциала г. Астаны проводится в рамках реализации программы индустриально-инновационного развития: введены в эксплуатацию завод по изготовлению стеклопакетов и закаливанию стекла, цех по производству цемента и реконструирован завод по производству пластиковых труб, организован выпуск каленого стекла и стеклопакетов, ячеистых блоков, окон, дверей и других столярных изделий по итальянской технологии.

В рамках казахстанской кластерной инициативы г. Астана включен в пилотный проект по созданию и развитию кластера «Строительные материалы». Строительство Индустриального парка строительных материалов – важный шаг в этом направлении. Акиматом Астаны для строительства Индустриального парка определен земельный участок общей площадью 600 га.

*Существующая система снабжения* г. Астаны теплом и электроэнергией представлена системой централизованного их снабжения на базе ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2. Из-за дефицита мощности системы центрального теплоснабжения действует система децентрализованного теплоснабжения –

на базе котельных, отопительных печей и автономных систем отопления (АСО).

Электроснабжение обеспечивается за счет ТЭЦ-2 и центральной подстанции КЕГОС (500 кВ). От подстанции город получает электроэнергию в период возможных простоев на ТЭЦ-2.

*В городе имеется две системы водоснабжения:*

- централизованная система хозяйственно-питьевого и противопожарного водопровода, обеспечивающая подачу воды на хозяйственно-бытовые нужды, полив зеленых насаждений;

- централизованная система производственного водопровода, обеспечивающая подачу технической воды промышленным предприятиям.

*В городе построена и эксплуатируется отдельная система канализации: хозфекальная для сбора, отвода и утилизации хозяйственно-бытовых и промышленных стоков, ливневая канализация для сбора и отвода поверхностных талых, дождевых и моечных вод с территории застройки.*

За счёт займа японского правительства ведутся работы по реализации проекта «Водоснабжение и водоотведение» [14].

*Малый и средний бизнес.* Количество зарегистрированных субъектов малого и среднего предпринимательства (далее – МСП) в 2014 году составило 124 315 единиц, что на 15,1 % выше уровня 2013 года.

В структуре субъектов МСП наибольшая доля зарегистрированных субъектов приходится на индивидуальных предпринимателей (в среднем за 2012-2014 годы – 66,2 %).

*Социальная сфера. Демография.* В результате исследования установлено: в течение 2012-2014 годов численность населения столицы увеличилась на 9,6 % или 110 тыс. человек с 778,2 тыс. человек в 2012 году до 814 тыс. человек в 2013 году и 853 тыс. человек в 2014 году.

При этом доля естественного прироста возросла с 45 % в 2012 году до 50,7 % в 2013 году и 53,5 % в 2014 году. Это связано, преимущественно, со стремительным ростом уровня рождаемости, который увеличился на 13%. Число новорожденных увеличилось с 19,4 тыс. младенцев в 2012 году до 24,2 тыс. младенцев в 2014 году.

Показатель смертности уменьшился на 6,7 %, и является самым низким среди регионов Казахстана - 4,3 в 2014 году (в среднем по Республике Казахстан – 7,65). В структуре причин смертности наибольшую долю занимают болезни системы кровообращения, от которых в 2014 году умерло 1193 человека или 33%.

*Образование.* По состоянию на 1 января 2015 года система образования представлена 302 организациями, в которых обучается и воспитывается 168 247 детей. В течение 2012-2014 гг контингент обучающихся ежегодно увеличивался: по сравнению с 2013 годом рост и составил 10,5 %, с 2012 годом – 17 %.

Система государственного среднего общего образования увеличилась на 8 единиц с 69 школ в 2012 году до 77 школ в 2014 году.

Сеть учебных заведений технического и профессионального образования города Астаны составляют 34 колледжа, из них 12 государственных и 22 частных. При этом ключевой проблемой является дисбаланс спроса и предложения на рынке труда, что обусловлено несоответствием количества выпускаемых кадров и имеющимися вакансиями: доля трудоустроенных кадров учреждений ТиПО составляет не более 80%, т.е. каждый пятый выпускник фактически пополняет рынок безработных [14].

Противоположная ситуация сложилась в образовании и здравоохранении, где выпуск кадров покрыл потребность в специалистах только на 72,2%, а также в отраслях строительства и коммунального хозяйства, в которых за 3 отчетных года (2012, 2013, 2014 годы) было создано 11 478 новых рабочих, тогда как выпуск кадров составил 1 тыс. человек.

*Здравоохранение.* Основные медико-демографические показатели по городу Астане за последние годы имеют положительную тенденцию и отличаются от средне республиканских в лучшую сторону. Рождаемость населения увеличилась с 25,55 на 1000 населения в 2012 году до 29,01 в 2014 году, тогда как смертность снизилась до 4,26 на 1000 населения в 2014 году против 4,44 в 2013 году, что привело к увеличению коэффициента естественного прироста населения.

На протяжении последних пяти лет имеет устойчивую тенденцию к стабилизации и снижению показатели смертности от социально значимых заболеваний.

Для улучшения доступности медицинских услуг и повышения ее качества активно развивается инфраструктура здравоохранения. За последние 7 лет в столице построено 12 объектов здравоохранения, из них 4 новых стационара, оснащенных современной аппаратурой последнего поколения ведущих мировых производителей, 6 новых поликлиник мощностью на 500 посещений в смену. Данные мероприятия позволили значительно улучшить условия пребывания пациентов при оказании медицинских услуг, обеспечить нормативную нагрузку поликлиник.

*Социальная защита.* Важнейшим направлением в социальной политике становится реализация мер по снижению уровня бедности населения.

Одним из основных индикаторов, характеризующих уровень благосостояния общества, является доля населения, имеющая доходы ниже величины прожиточного минимума, от общей численности населения, которая в столице по итогам 2014 года составила 0,4 %, что ниже на 0,1 % уровня 2013 года.

В 2014 году социальной помощью охвачено более 62 тыс. отдельных категорий нуждающихся граждан.

Проводится работа по социальной поддержке инвалидов и интеграции их в общество.

Численность получателей адресной социальной помощи на 1 января 2015 года составила 1211 человек, что выше уровня 2013 года (947 человек) на 27,8 %, 2012 года (885 человек) – на 36,8 %.

*Культура.* Общее число культурных учреждений города Астаны по состоянию на 1 января 2015 года составляет 70 единиц (69 единиц в 2013 году), в том числе 4 музея, 6 театров, 25 библиотек, 1 концертная организация, 1 цирк, 6 частных кинотеатров, 4 частные художественные галереи, 8 парков культуры и отдыха, 7 культурно-досуговых предприятий и прочие.

В столице расположены 46 недвижимых памятников истории и культуры, из них 12 памятников археологии, 34 – градостроительства и архитектуры.

Библиотечный фонд составляет 1,5 % от общего фонда.

*Спорт.* В настоящее время в городе функционируют 588 спортивных сооружений, 25 государственных предприятий, в которых культивируются 107 видов спорта: 10 детско-юношеских спортивных школ (ДЮСШ), 7 спортивных клубов, 2 спортивных комбината, 2 школы высшего спортивного мастерства, 2 Дворца спорта, 1 Центр подготовки олимпийского резерва и 1 дирекция по проведению спортивно-массовых мероприятий.

Общий контингент занимающихся спортсменами в 2014 году составил 13,7 тыс. человек и увеличился по сравнению с 2013 годом (12,5 тыс. человек) на 9 % [14].

В структуре охвата детей спортивным образованием наибольшая доля приходится на спортивные секции в общеобразовательных школах, которая по итогам 2014 года составила 44,8 %. ДЮСШ обеспечивают охват 33,8 % всех занимающихся спортом детей, на долю дворовых клубов приходится порядка 21,4.

*Транспорт.* Столица, расположенная в центре северной части Казахстана, является транспортным узловым центром, связывающим крупные города Казахстана и России. Железнодорожные коридоры, а также автомобильные дороги города образуют транспортную сеть в виде модульной сетки.

Городской транспорт представлен в основном автобусами, микроавтобусами, троллейбусами и такси. Значительно развит частный легковой транспорт. В настоящее время ведется строительство объездной автомагистрали, отводящей от города транзитный транспорт.

В связи с ростом численности населения города Астаны увеличивается внутригородской пассажиро- и грузооборот. Для решения этой проблемы Акимат города рассматривает внедрение легкорельсовой транспортной системы в качестве эффективного дополнительного вида общественного транспорта. Уже разработан маршрут следования этого экологичного и нешумного транспорта со всеми станциями.

Главная водная артерия столицы река Есиль скоро станет судоходной. После реконструкции реки, её технические параметры, вполне позволяют



организовать судоходство на освоенных участках. Все работы будут осуществляться в три очереди. В процессе реконструкции русла реки образуется несколько островов, на которых будут размещены зоны отдыха.

*Озеленение* является основным фактором оздоровления городской среды и играет важную роль в формировании архитектурно-художественного облика города.

Увеличилась площадь зеленых насаждений общего пользования, произведено озеленение территорий микрорайонов и кварталов, введены новые скверы, а также бульвар на левобережье.

Программа благоустройства города разрабатывается в соответствии с проектом "Комплексная схема озеленения города Астаны до 2030 года", которым предусмотрено образование экогорода, снижение негативного воздействия на окружающую среду, доведение нормы площади зеленых насаждений на одного человека до 19 квадратных метров [14].

В настоящее время осуществляется проект по созданию «зеленого пояса» вокруг Астаны. «Изумрудное ожерелье» общей протяженностью 75 тысяч гектаров уже наполовину готово. Оно состоит из деревьев самых благородных пород: клен, тополь, вишня, береза. Всего в создании уникального «экологического пояса» используется более 30 видов саженцев.

#### **Выводы по главе:**

– Г. Астана является самым быстрорастущим городом Казахстана. Климат города характеризуется как резко континентальный, засушливый. С характерной долгой зимой и жарким летом. В связи со значительными темпами развития наблюдается рост загрязнения атмосферного воздуха города последние десять лет. По данным РГП «Казгидромет» в 2016 году, уровень загрязнения атмосферного воздуха столицы оценивается как *высокий*;

– основные загрязняющие вещества, по которым наблюдается превышение ПДК: пыль и диоксид азота;

– рельеф города характеризуется отсутствием заметных уклонов и отчетливо выраженных форм. Территория предполагаемого строительства нового теплоисточника представляет собой невозделанную степь с полынно-злаковой растительностью;

– животный мир представлен видами, характерными для городской среды (птицы и насекомые);

– социальная сфера характеризуется достаточным уровнем развития.

– в г. Астане на данный момент существует два основных источника теплоснабжения ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2. В связи с ростом населения города, превышающим прогнозы, наблюдается дефицит тепловых мощностей, что приводит к использованию систем децентрализованного теплоснабжения, которые, в свою очередь, не всегда соответствуют экологическим требованиям. Строительство нового теплоисточника является одной из приоритетных задач города.

### **3. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА В ЦИРКУЛИРУЮЩЕМ КИПЯЩЕМ СЛОЕ В УСЛОВИЯХ Г. АСТАНЫ**

#### **3.1 Анализ существующей схемы теплоснабжения города Астаны**

Бурное развитие г. Астаны в качестве новой столицы Казахстана вызывает необходимость значительного развития инженерной инфраструктуры города, в том числе и системы теплоснабжения, которая в суровых климатических условиях определяет жизнеспособность города.

Рынок тепловой энергии ТЭЦ-2 определяется соответствующим развитием города в районах массового строительства, расположенных в зоне ее влияния.

Ежегодный прирост тепловых нагрузок в зоне централизованного теплоснабжения (ЦТ), прогнозируемый в период до 2030 г., должен составлять не менее 250 Гкал/ч, в период до 2030 г. ~ 170 Гкал/ч.

Теплоэнергетический комплекс г. Астаны является одним из основных и самых сложных объектов инженерной инфраструктуры города. Зону централизованного теплоснабжения образуют две крупные ТЭЦ (ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2) и около 420 км магистральных и распределительных тепловых сетей.

235 котельных суммарной тепловой мощностью ~224 Гкал/ч и отопительные печи обслуживают индивидуальных потребителей в зонах децентрализованного теплоснабжения.

Централизованное теплоснабжение с комбинированной выработкой тепловой и электрической энергии на ТЭЦ – наиболее рациональный способ использования топливных ресурсов для теплоснабжения. Благодаря существенным экономическим, экологическим и социальным преимуществам, эта система стала доминирующей системой теплоснабжения в крупных городах Казахстана, в том числе и в г. Астане.

Система централизованного теплоснабжения (ЦТ) г. Астаны начала создаваться в начале 60-х годов на базе ТЭЦ-1, предназначенной для выработки электроэнергии и покрытия тепловых нагрузок города в горячей воде и технологическом паре. Станция строилась очередями: I очередь - энергетическая с паровыми котлами и турбинами на давлении пара 40 кгс/см<sup>2</sup>, последующие - чисто отопительные с водогрейными котлами типа ПТВП-100 (головные образцы, в последующем снятые с производства) и ПТВМ-100.

В 70-е годы в г. Астане (бывший г. Целиноград) наблюдался бурный рост промышленного и жилищного строительства, который потребовал соответствующего развития источников тепла.

Учитывая снижение надежности работы головных образцов водогрейных котлов ПТВП-100 на ТЭЦ-1, ограниченные возможности расширения ТЭЦ-1 по условиям генплана, необходимость повышения надежности электроснабжения развивающегося города, Министерством

энергетики и электрификации Казахской ССР в 1969 г. было принято решение о строительстве в городе новой ТЭЦ-2 электрической мощностью 240 МВт.

При подготовленной схеме магистральных тепловых сетей и наличии готовых потребителей ТЭЦ-2 после ввода принимала на себя покрытие базовой части тепловой нагрузки, вытесняя водогрейные котлы ТЭЦ-1 в пиковый режим работы. Такая схема совместной работы обеспечивала наибольшую экономию топлива за счет выработки энергии на современном оборудовании и снижения числа часов использования стареющего оборудования ТЭЦ-1.

В 1979 г. состоялся ввод первого энергоблока на ТЭЦ-2 в составе турбины ПТ-80/100-130/15 и энергетического котла БКЗ-420-140-5. Строительство I очереди ТЭЦ-2 было завершено в 1983 г.

В последующие годы в связи с продолжающимся ростом тепловых нагрузок на ТЭЦ-2 по отдельному проекту был установлен энергетической котел БКЗ-420-140, ст.№4.

В соответствии с проектом «Расширение Целиноградской ТЭЦ-2, II очередь» (утвержден приказом Минэнерго СССР от 09.03.87 г. №65 ПС) предусматривалось расширение ТЭЦ-2 до электрической мощности 425 МВт, тепловой - 1070 Гкал/ч одним турбоагрегатом Т-185/220-130 и двумя котлоагрегатами БКЗ-420-140. С начала реализации проекта в 1992 году введен один котлоагрегат БКЗ-420-140, ст.№5.

#### *Краткая характеристика источников тепла г. Астаны.*

ТЭЦ-1 занимает важное место в системе централизованного теплоснабжения г. Астаны. Тепловые нагрузки зоны теплоснабжения ТЭЦ-1 составляют около половины общей тепловой нагрузки зоны ЦТ.

Установленная (располагаемая) мощности ТЭЦ-1 составили: электрическая – 22 (16,1) МВт, тепловая – 751,6 (566,9) Гкал/ч.

В настоящее время на месте демонтированного к.а. ст. №4 установлен новый водогрейный котел КВ–ТК–110 располагаемой тепловой мощностью 75 Гкал/ч.

Основным топливом для паровых котлов, водогрейных типа ПТВП-100 и вновь устанавливаемого котла является уголь, для котлов ПТВМ-100 – мазут.

Мазутные котлы ПТВМ-100, ст. №8,9,10 законсервированы и последние годы не эксплуатируются.

Значительное повышение цен на мазут и, соответственно, себестоимости тепловой энергии, определили неконкуренто-способность работы ТЭЦ-1 на мазуте, нецелесообразность восстановления и эксплуатации трех мазутных водогрейных котлов установленной (располагаемой) тепловой мощностью 300 (198) Гкал/ч.

Сохранение в работе несовершенных, морально устаревших и физически изношенных пылеугольных водогрейных котлов ПТВП-100-150 мощностью 75 Гкал/ч, с низким КПД, высокими присосами, подогревом

воздуха для сушки и горения в мазутных муфелях, потребует больших затрат в реконструкцию. Однако это не обеспечит эффективную, надежную и длительную эксплуатацию котлов, приведет к сохранению низкого уровня всех технико-экономических и экологических показателей, потребует постоянных дополнительных затрат в эксплуатации и только отодвинет решение проблем на несколько лет с необходимостью затрат на техническое перевооружение.

Состояние всех систем ТЭЦ-1, включая большую часть основного оборудования, теплофикационные системы с сетевыми насосами, топливоподачу твердого и жидкого топлива, золоулавливания и золошлакоудаления, водоподготовку подпитки котлов и теплосети, водоснабжения и водоотведения, пожаротушения, транспортное хозяйство, благоустройство, санитарно-бытовые системы, лаборатории, системы управления технологическими процессами, электроснабжения, системы пожаро- и взрывобезопасности, требуют коренной реконструкции.

*Топливоподача.* Доставка топлива на ТЭЦ-1 осуществляется железнодорожным транспортом. Для маневровых работ имеется два тепловоза ТГМ-4. Существующий тракт топливоподачи двухниточный. Фактическая производительность тракта топливоподачи равна 100 т/ч.

Все сооружения тракта топливоподачи находятся в изношенном состоянии, а галереи конвейеров - в аварийном состоянии. В тракте топливоподачи отсутствует аспирация и механизированная уборка пыли.

*Мазутное хозяйство.* Сооружения мазутного хозяйства: резервуары мазута и эстакада слива требуют ремонта, насосное оборудование нуждается в обновлении. Кроме того, требуется выполнение мероприятий по безопасной эксплуатации мазутного хозяйства: оснащение контрольно-измерительными приборами, средствами технологической защиты, блокировками и сигнализацией, системами пожаротушения, вентиляционной системой в мазутонасосной.

*Водоснабжение и водоотведение.* Источниками водоснабжения ТЭЦ-1 являются техническая вода из канала Нура-Ишим и вода городского водопровода из Вячеславского водохранилища.

В настоящее время на станции эксплуатируются следующие системы водоотведения:

- хозяйственно-бытовая канализация;
- производственно-ливневая канализация.

Хозяйственно-бытовые и производственно-ливневые стоки ТЭЦ отводятся на городские очистные сооружения.

*Внешнее гидрозолоудаление.* В состав сооружений существующей системы внешнего гидрозолоудаления входят:

- золошлакоотвал;
- золошлакопроводы;
- обратная система возврата осветленной воды.

Золошлакоотвал ТЭЦ-1 расположен в 300 м севернее кольцевой автодороги Астана-Алексеевка, на левом берегу ручья Сары-Булак. Участки, прилегающие к золоотвалу, сильно заболочены.

Золоотвал площадью 71,3 га состоит из восьми карт, разделенных дамбами.

Часть площади золоотвала отработана и законсервирована, часть после рекультивации передана городу. В качестве противодиффузионного экрана для существующего золоотвала являются подстилающие суглинки и глины. Естественным экраном служат суглинки и глины.

Подача золошлаковой пульпы осуществляется по двум золопроводам диаметром 325x10 мм, длиной 3,7 км.

Возврат осветленной воды на ТЭЦ-1 выполнен по двум трубопроводам осветленной воды Ø325x10 мм.

Основными проблемами ТЭЦ-1 являются:

- физический износ основного оборудования;
- ограничение тепловой мощности в связи со сжиганием дорогого топлива – мазута;
- отсутствие технической возможности полного перевода станции на сжигание дешевого угольного топлива;
- несоответствие топливно-транспортного цеха элементарным эксплуатационным требованиям электростанции.

Базовым источником системы централизованного теплоснабжения г. Астаны является ТЭЦ-2.

Установленная электрическая мощность 360 МВт (располагаемая - 340 МВт), тепловая – 1501 Гкал/ч (располагаемая - 1370 Гкал/ч).

Состояние основного оборудования ТЭЦ-2 удовлетворительное.

Основным топливом для энергетических котлов ТЭЦ-2 является экибастузский уголь.

Режим работы ТЭЦ-2 в отопительный период по теплофикационному циклу на тепловом потреблении, в летний период с дополнительной выработкой электроэнергии по конденсационному циклу.

ТЭЦ-2 покрывает в отопительный период всю тепловую нагрузку зоны теплоснабжения ТЭЦ-2 и базовую часть нагрузки зоны теплоснабжения ТЭЦ-1. В летний период вся нагрузка централизованного горячего водоснабжения г. Астаны покрывается от ТЭЦ-2. Система горячего водоснабжения – закрытая.

Выработанная на ТЭЦ-2 электроэнергия идет на покрытие электрических нагрузок г. Астаны и собственных нужд станции, а избыток электроэнергии выдается по ЛЭП 110 кВ в сети.

Схема работы ТЭЦ-2 в системе централизованного теплоснабжения (ЦТ) – совместная: водогрейные котлы ТЭЦ-1 работают в пиковой части графика отопительной нагрузки зоны ТЭЦ-1, в неотопительный период теплоснабжение зоны ТЭЦ-1 производится от ТЭЦ-2 с полным отключением ТЭЦ-1 в этот период.

Основной проблемой ТЭЦ-2 является физический износ основного и вспомогательного оборудования.

В настоящее время по утвержденному проекту выполняется реконструкция и расширение ТЭЦ-2 с установкой котлоагрегата БКЗ-420 ст. №6 и турбоагрегата 120 МВт ст. №4, которая позволит увеличить располагаемую тепловую мощность станции до 1 040 Гкал/ч. Проектная тепловая нагрузка с учетом передачи тепла в Левобережную часть города составит ~ 960 Гкал/ч.

Тепловая схема ТЭЦ выполнена с поперечными связями по основным и вспомогательным технологическим трубопроводам: острого пара, питательной воде, конденсату, паропроводам различного давления.

В качестве исходной воды для подпитки котлов и теплосети используется вода питьевого качества из городского водопровода Вячеславского водохранилища. Сырая вода для подпитки котлов и теплосети перед химводоочисткой нагревается во встроенных пучках конденсаторов турбин. Химобессоленная вода после химводоочистки проходит две степени деаэрации. Химочищенная вода подпитки теплосети деаэрируется в вакуумных деаэраторах и насосами подается в коллектор обратной сетевой воды. Сетевая вода нагревается во встроенных сетевых подогревателях турбин и затем часть ее насосами 2-го подъема подается на пиковые сетевые подогреватели котельного отделения и далее по магистрали С-1 диаметром 1000 мм направляется на ТЭЦ-1. Другая часть сетевой воды после встроенных сетевых подогревателей турбин подается насосами 2-го подъема на пиковые сетевые подогреватели машзала и далее потребителям в город.

Пар на производство, собственные нужды и на пиковые сетевые подогреватели поступает из производственных отборов турбин и от БРОУ 13,8/1,3 МПа.

Система пылеприготовления индивидуальная, замкнутая с молотковыми мельницами и прямым вдуванием топлива в котел.

Система золоулавливания котлов выполнена со скрубберами с предвключенными трубами "Вентури". Существующая система золошлакоудаления гидравлическая, обратная.

Главный корпус ТЭЦ представляет из себя пятипролетное сооружение, выполненное по 16 ось. Каркас главного корпуса металлический.

В торце котельного отделения в осях 1-3 построена багерная насосная для удаления шлака и золы от котлоагрегатов №1-4, укомплектованная тремя багерными насосами типа ГРТ 1600/50.

С установкой котлоагрегата №5 построена вторая багерная насосная, укомплектованная тремя насосами типа ГрАТ 350/40.

На ТЭЦ установлена одна дымовая труба высотой 180 м и диаметром устья 7,2 м.

*Топливоподача.* Структурная схема топливоподачи позволяет осуществить три основных режима транспортирования угля.

Емкость угольного склада составляет 120000 т при годовом расходе угля 1327000 т.

*Мазутное хозяйство.* Мазутохранилище состоит из двух резервуаров емкостью по 3000м<sup>3</sup> и трех - емкостью по 1000 м<sup>3</sup>.

*Электротехнические установки.* Выдача мощности осуществляется на ОРУ 110 кВ, которое выполнено по схеме "две рабочие секционированные системы шин с обходной" на 23 ячейки. Задействовано 22 ячейки. На территории ОРУ 110 кВ расположено здание релейного щита.

Для питания собственных нужд 6кВ в отпайках блоков установлены трансформаторы рабочего питания типа ТРДНС-25000 и ТДНС-16000/35. Трансформатор резервного питания типа ТРДН-32000/110 подключен на шины ОРУ 110 кВ.

Распредустройство собственных нужд 6 кВ главного корпуса состоит из семи секций, из которых пять - агрегатные (по количеству котлов) и две - общестанционные.

Распредустройство 6 кВ насосной тепловых сетей состоит из двух секций.

*Внешнее гидрозолоудаление.* Годовой выход золошлаковых отходов составляет 550 тыс.т. В настоящее время складирование золошлаковых отходов осуществляется на золоотвале, расположенном в 600 м на северо-восток от ТЭЦ-2. Золоотвал состоит из двух карт, первая карта полностью отработана и зарекультивирована, вторая находится в эксплуатации.

Подача золошлаковой пульпы на действующий золоотвал осуществляется по 4 ниткам золошлакопроводов диаметром 426x10, по две нитки (рабочая - резервная) от каждой багерной насосной.

Осветленная вода из золоотвала самотеком возвращается на станцию по двум трубопроводам осветленной воды диаметром 500 и 800 мм.

Источником хозяйственной воды является Вячеславское водохранилище. Источником технической воды является р. Ишим.

Существующая система технического водоснабжения ТЭЦ-2 - обратная, В качестве охладителей используются три пленочные башенные градирни, площадью орошения 1600 м<sup>2</sup> каждая, требующие реконструкции и восстановления.

На площадке ТЭЦ существуют 2 системы водоснабжения:

- объединенный хозяйственно-питьевой и противопожарный водопровод;
- производственный водопровод.

Наружное пожаротушение осуществляется передвижной пожарной техникой от пожарных гидрантов, установленных на противопожарной сети.

Внутреннее пожаротушение главного корпуса осуществляется повысительными насосами, установленными в противопожарной насосной станции, сблокированной с циркуляционной насосной станцией.

Хозяйственно-бытовые стоки ТЭЦ и промливневые стоки ТЭЦ направляются в одноименные сети промзоны.

В настоящее время ведется реконструкция и расширение ТЭЦ-2. Располагаемая тепловая мощность ТЭЦ-2 (в горячей воде) после реконструкции составит ~ 960 Гкал/ч.

*Существующее состояние тепловых сетей.* При рассмотрении вопросов теплоснабжения город Астана разделен на 16 планировочных районов.

Основные промышленные предприятия разместились в северной части города: в Северном и Центральном промрайонах, частично в Северо-Западном и Юго-Восточном районах города.

Жилищно-коммунальная застройка сосредоточена в Центральном и Юго-Восточном районах.

Практически все районы в большей или меньшей степени входят в зону централизованного теплоснабжения, которую можно разделить на тепловые районы по теплоисточникам: ТЭЦ-2 и ТЭЦ-1.

К тепловому району ТЭЦ-1 тяготеют Северо-Западный и Центральный районы, а также Северный промрайон.

К тепловому району ТЭЦ-2 территориально примыкают Юго-Восточный и другая часть Центрального района, а также Центральный промрайон.

Отпуск тепла в Левобережную часть города осуществляется от ТЭЦ-2.

Тепло от теплоисточников отпускается, в основном, в горячей воде.

Отпуск пара в настоящее время производится только от ТЭЦ-2.

График регулирования отпуска тепла в горячей воде 150/70°C со срезкой на температуре 130°C. Система подключения потребителей горячего водоснабжения закрытая.

Каждый тепловой район имеет развитую систему тепловых сетей, эксплуатируемых предприятием ТОО "Теплотранзит".

Общая протяженность водяных тепловых сетей в Правобережной части города составляет около 400 км, в том числе ~ 100 км – магистральные.

Для теплоснабжения Левобережной части города закончено строительство тепломагистралей 1-го (8 км) и 2-го вводов (8,1 км) с использованием современных трубопроводов.

На тепловых сетях действуют четыре перекачивающие насосные станции: НС-1, НС-2, НС-3, НС-5 и одна смесительная насосная станция – НС-4. Заканчивается строительство насосной станции НС-6.

*Децентрализованное теплоснабжение* от индивидуальных источников тепла (промышленные и коммунальные котельные, отопительные печи).

Система децентрализованного теплоснабжения – это автономная система теплоснабжения, в которой индивидуальный теплоисточник и потребитель тепла размещены столь близко, что можно обойтись без наружной тепловой сети.

Индивидуальные теплоисточники г. Астаны представлены



коммунальными и промышленными котельными и отопительными печами.

В настоящее в городе насчитывалось 235 котельных суммарной тепловой мощностью ~224 Гкал/ч, из них 62 промышленные котельные (~90 Гкал/ч) и 173 коммунальные котельные (~134 Гкал/ч).

В котельных установлены котлы традиционного типа (ДКВР, Универсал, Энергия, Е-1/9, Алтай и др.), а также современные автономные системы отопления (АСО), в основном, зарубежного производства, такие как: "Ревотерм", "Wolf", "De Dietrich" и др.

В качестве топлива котельные используют, преимущественно, дизельное топливо (61% от общего числа котельных), частично уголь (26 %), остальные - сжиженный газ и мазут.

Котельные находятся, в основном, в удовлетворительном состоянии. Однако в связи с общим спадом промышленного производства котельные предприятий работают не на полную мощность.

По отношению к началу 90-х годов общее количество котельных в городе увеличилось почти в 2 раза (со 134 шт. до 235 шт.), а общая тепловая мощность уменьшилась в 1,2 раза. При этом количество промышленных котельных сократилось в 1,4 раза, а средняя мощность уменьшилась в 1,9 раза. Количество коммунальных отопительных котельных увеличилось в 3,5 раза, а средняя единичная мощность уменьшилась в 1,4 раза.

Переход существующих потребителей г. Астаны на децентрализованное теплоснабжение на базе мелких котельных происходил стихийно без увязки с общей системой теплоснабжения города.

Поскольку г. Астана в настоящее время не газифицирована, установка мелких АСО в котельных производится на жидких видах топлива. При этом возникают проблемы с хранением необходимого запаса топлива в сложившихся жилых районах города по условиям противопожарной и экологической безопасности.

В связи со значительным увеличением цен на жидкое топливо себестоимость теплоэнергии, производимой в АСО, значительно выше, чем в системе централизованного теплоснабжения, где в качестве топлива используется, в основном, дешевый экибастузский уголь.

Поэтому развитие систем децентрализованного теплоснабжения в условиях г. Астаны при наличии развитой системы централизованного теплоснабжения может быть оправдано, в основном, в удаленных районах с низкой плотностью тепловой нагрузки.

*Газификации города Астаны природным газом* существенно упростит решение вопросов по развитию системы теплоснабжения города за 2023 г. и даст возможность кардинально улучшить экологическую ситуацию в городе.

Газификация города позволит, в первую очередь, решить проблемы теплоснабжения в районах индивидуальной и многоэтажной застройки, размещаемой вне зоны централизованного теплоснабжения:

- строительство автономных систем отопления на газе для отдельных зданий;

- строительство групповых котельных на газе или небольших газотурбинных (газопоршневых) установок для группы компактно расположенных зданий.

Наличие газа в необходимых количествах позволит и в системе ЦТ перейти на использование современных газотурбинных и парогазовых технологий. Размещение таких установок может быть рассмотрено на нескольких площадках, максимально приближенных к потребителю.

### **3.2. Теоретическое исследование технологии сжигания твердых топлив в котлах с технологией сжигания топлива в циркулирующем кипящем слое.**

*Технология ЦКС* была разработана на основании технологии сжигания в кипящем псевдооживленном слое в середине 70-х гг. и увидела свое первое коммерческое применение в 1979 г. на предприятии с небольшим промышленным котлом для сжигания древесных отходов и торфа. За этим в 1985 г. последовал и первый энергетический котел - установка для сжигания угля мощностью 90 МВт в Германии, что дало начало относительно широкому использованию схожих по производительности котлов в сфере выработки промышленной электроэнергии. Внедрение более строгих нормативов по выбросам SO<sub>2</sub> стало стимулом для разработки энергетических котлов большей производительности в 1990-х гг., в результате которой в 1993 г. компанией «Alstom» была спроектирована установка мощностью 165 МВт в г. Поинт Акони, Канада (первая энергетическая установка для ЦКС в Северной Америке) и в 1995 г. установка мощностью 250 МВт в г. Гардан, Франция.

В этом же году компания «Foster Wheeler» приобрела котельный бизнес компании «Alstom» и стала активно заниматься разработкой технологии ЦКС, а именно, крупных и более эффективных установок, разработав шесть установок большой мощности для электростанции Туров в Польше и, в 2002 г., два котла мощностью по 300 МВт для электростанции Нортсайд в США, которая стала самой крупной в мире. За следующие десять лет небольшое количество энергетических ЦКС, проектов подобного масштаба, было реализовано в США с использованием котлов, разработанных компанией «Foster Wheeler» или компанией «Alstom», которые сжигали или попутно сжигали «потенциально имеющееся» топливо, такое как бурый уголь, нефтекокс или отходы углеобогащения.

После приобретения технологии ЦКС (300 МВт) компании «Alstom» тремя китайскими производителями в 2006 г., в Китае также начинается стремительное развертывание производства котлов данного масштаба. В настоящий момент в Китае их насчитывается более шестидесяти, что позволяет говорить о самой большой доле мощностей ЦКС в мире.

В 2009 г. компания «Foster Wheeler» разработала котел мощностью 460 МВт для электростанции в г. Лагижа в Польше, который стал первой в

мире установкой для ЦКС сверхкритического давления. То же проектное решение было использовано и для пяти котлов мощностью по 550 МВт, строящихся в Корее, в то время как в Китае недавно была запущена в опытную эксплуатацию установка для ЦКС, сверхкритического давления мощностью 600 МВт, разработанная на котельном заводе г. Дунфан.

*Технология ЦКС* заключается в том, что воздух первичного горения нагнетается из-под слоя топлива, взвешивая твердые частицы и придавая им флюидоподобные свойства текучести. Это способствует полному смешиванию топлива и воздуха, и длительному времени пребывания топлива в топке для горения [15].

Теоретической основой функционирования котлов с ЦКС является представление о кипящем слое. Принципиальная схема действия топки с кипящим слоем представлена на рисунке 3.1.

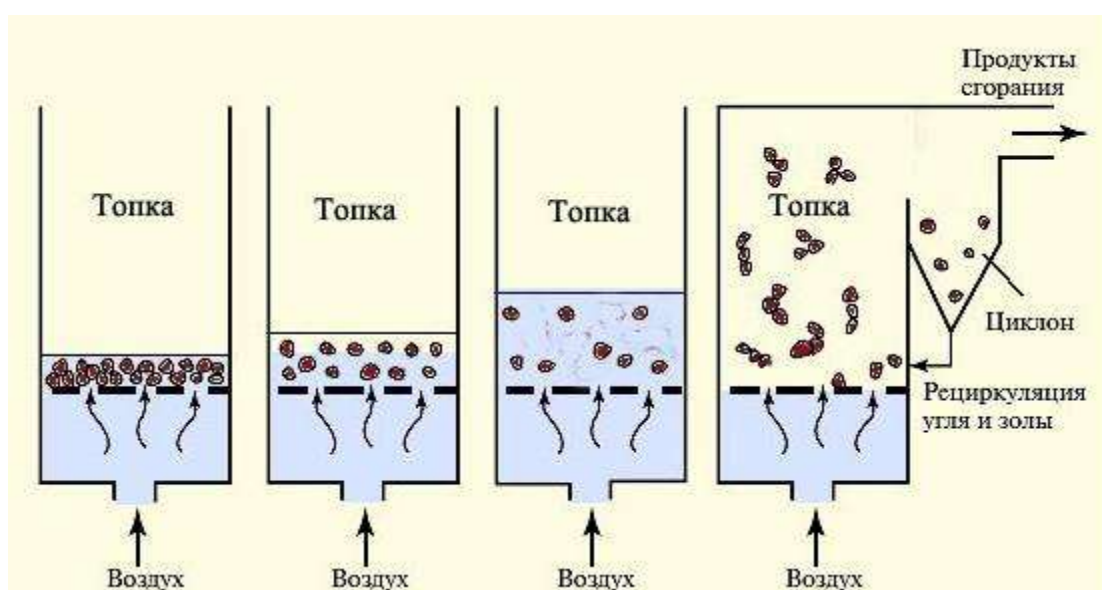


Рисунок 3.1. - Изменение кипящего слоя при различном количестве воздуха, подаваемого для горения.

Если в некоторой камере установить решетку, на которую поместить слой угля, и к решетке подать в небольшом количестве воздух, то после предварительного разогрева слоя начнется горение топлива с поверхности с выделением газообразных продуктов сгорания. При восплоении сгорающего топлива на решетке будет поддерживаться горящий фиксированный слой. Будет осуществляться так называемое слоевое сжигание твердого топлива. Если увеличивать подачу воздуха под решетку, то на частицы топлива, находящегося на решетке, будет действовать скоростной напор, который будет противодействовать силе тяжести, действующей на каждую частицу топлива. При некоторой скорости воздуха частицы топлива окажутся во взвешенном состоянии в подъемном потоке воздуха, а толщина горящего слоя возрастет [16].

При дальнейшем возрастании скорости в слое появляются отдельные пузыри воздуха, и толщина слоя возрастает еще больше. Это так называемый

пузырьковый кипящий слой. Он ведет себя так, как ведет себя кипящая жидкость, отсюда и название метода — сжигание в кипящем слое.

При еще большем расходе воздуха подъемная сила, действующая на частицы топлива, оказывается настолько большой, что они не успевают сгорать и вырываются из кипящего слоя. При дальнейшем увеличении расхода воздуха видимый слой исчезает и происходит горение скоплений частиц топлива во всем объеме камеры с интенсивным перемешиванием. Большее количество частиц топлива не успевает сгореть и выносятся из камеры. Здесь на их пути устанавливают циклон — цилиндрический сосуд, в котором продукты сгорания отделяются от несгоревших частиц. Продукты сгорания направляются во вторую часть котла — конвективную шахту — для нагрева рабочего тела (воды и пара), а несгоревшие частицы движутся в закрученном потоке, отбрасываются к стенкам, падают вниз и снова направляются в камеру горения. Это и есть циркулирующий кипящий слой. Главная его особенность состоит в том, что циркулирующий материал в сотни раз превышает количество воздуха, подаваемого для горения.

В технологии сжигания в циркулирующем кипящем слое (ЦКС) используются более высокие скорости оживающего воздуха, которые вовлекают частицы в прохождение через котел, а дымовые газы подаются в сепараторы твердых частиц (обычно это циклоны), которые возвращают твердые частицы в самую нижнюю часть слоя, препятствуя таким образом удалению несгоревшего топлива из топки (рисунок 3.2). Это создает своего рода теплопередающий контур, через который частицы топлива могут циркулировать от 10 до 50 раз до тех пор, пока топливо полностью не сгорит. Более длительное время сгорания влечет за собой понижение температуры до  $800\div 900\text{ }^{\circ}\text{C}$  [15].

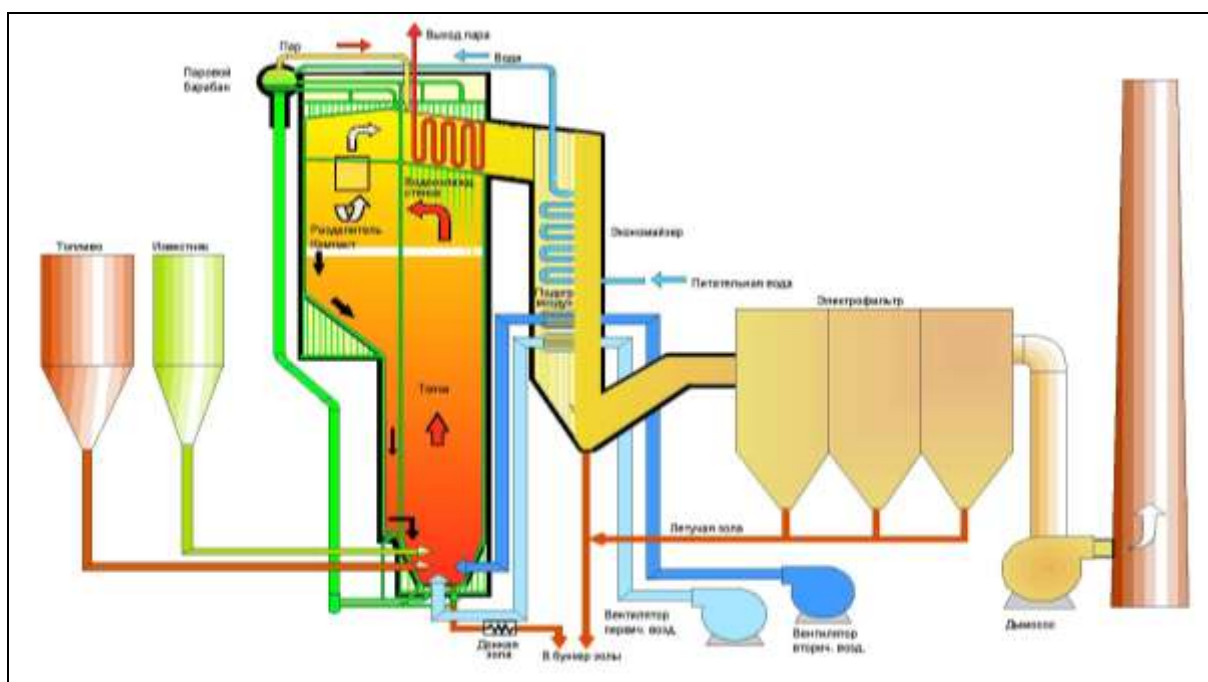


Рисунок 3.2. - Схема котла с циркулирующим кипящим слоем.

Основные преимущества технологии ЦКС:

1. В ЦКС эффективно сжигаются некачественные топлива: угли с большим содержанием породы, который в ЦКС играет роль циркулирующего наполнителя слоя; угли с высоким содержанием золы и влаги, а также трудно зажигаемые топлива (с малым выходом летучих легковоспламеняющихся газов).

2. В одном и том же котле можно сжигать топливо разного и меняющегося качества.

3. Перед подачей в топку ЦКС топливо не требует мелкого размола (достаточно дробление), что исключает необходимость в угольных мельницах и улучшает экологическую обстановку на ТЭС.

4. Отсутствие отдельных серо- и азотоочистки (в котлах с ЦКС они органически встроены в процесс горения) обеспечивает компактность этих котлов, что делает их привлекательными для реконструкции действующих ТЭС.

5. Котлы с технологией ЦКС предоставляют возможность сжигания смешанного топлива.

6. Отвечает самым жестоким нормам по выбросам, как в мире, так и в Казахстане.

7. Обладают высокой надежностью и простой конструкцией.

Вместе с тем, по сравнению с пылеугольными котлами, котлы с ЦКС более сложны, работают в более тяжелых условиях (эрозия поверхностей нагрева запыленным потоком), имеют повышенный расход электроэнергии на привод высоконапорных вентиляторов для подачи воздуха в зону горения и создания кипящего слоя [17].

Технико-экономические оценки показывают, что котлы с ЦКС в энергоблоках 150—200 МВт обеспечивают себестоимость электроэнергии, капитальные затраты, затраты на топливо, на обслуживание и ремонт, не превышающие аналогичные затраты для пылеугольных котлов с сероочисткой. При этом подчеркивается, что результаты сравнения зависят от большого числа факторов и определяются конкретными условиями.

Область применения котлов с ЦКС — сжигание низкосортных твердых топлив при паропроизводительности до 250 т/ч как для новых ТЭС, так и проходящих модернизацию. В мире в настоящее время эксплуатируется более 200 энергетических котлов с ЦКС, в том числе освоен энергоблок мощностью 250 МВт. В России разрабатываются котлы с ЦКС паропроизводительностью 160, 500 и 1000 т/ч для сжигания каменных и бурых углей различных месторождений [15].

*Другим принципиальным отличием технологии ЦКС и пылеугольной технологии являются относительные выбросы оксидов серы и оксидов азота: двух наиболее хорошо контролируемых продуктов сгорания.*

Уровень удельных выбросов, которые могут быть достигнуты на котле ЦКС, составляет:

– окислы азота – не более 200 мг/нм<sup>3</sup>;

- окислы серы – не более 200 мг/нм<sup>3</sup>;
- зола после золоуловителя – не более 50 мг/нм<sup>3</sup>.

Недожог, а, следовательно, и выброс окиси углерода практически сводится к нулю.

Снижение выбросов загрязняющих веществ от котла ЦКС обеспечивается в результате следующих мероприятий:

- оксидов азота – благодаря более низкой температуре сжигания топлива в слое и организации ступенчатого сжигания;
- оксидов серы – благодаря эффективному связыванию серы известняком, подаваемым в слой;
- пыли – за счет использования электростатического (или рукавного) фильтра после котла.

*Котлы с традиционным сжиганием пылеугольного топлива в факеле* выпускаются, в основном, российскими заводами. Для выполнения норм по выбросам, аналогичным котлу ЦКС, пылеугольный котел должен быть оборудован системами газо- и пылеочистки:

- азотоочистки, эффективностью не менее 60%;
- сероочистки, эффективностью не менее 85%;
- пылеочистки, эффективностью не менее 99,9%.

В таблице 3.1. приведена сравнительная характеристика содержания загрязняющих веществ в уходящих газах энергетических котлов ТЭЦ-3 в сравнении с требованиями РК.

Таблица 3.1-Технические удельные нормативы выбросов в атмосферу. Сравнение с требованиями РК. Котел энергетический 550 т/ч

Наименование	Концентрация ЗВ в уходящих газах, мг/нм <sup>3</sup> при O <sub>2</sub> =6%		
	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	Зола
Нормы выбросов РК для котлов, вводимых с 2013 года	<b>500</b>	<b>780</b>	<b>100 - 200</b>
Выбросы от котлов с технологией ЦКС	<b>200</b>	<b>200</b>	<b>50</b>

\* для котлов, вводимых до 2016 г.

\*\* для котлов, вводимых после 2016 г.

Поскольку на большинстве новых энергоустановок для пылеугольного сжигания топлива необходимо за котлом устанавливать эффективные газоочистные установки (серо-, азотоочистку), которые могут обеспечить концентрации дымовых газов, эквивалентные технологии ЦКС, то потенциальное преимущество технологии ЦКС является в первую очередь экономическим.

Преимущество технологии ЦКС в возможности использования топлива более низкого качества также подчеркивается и российским исследованием, сравнивающим затраты по установке ЦКС мощностью 330 МВт СК давления и установке для пылеугольного сжигания для реконструируемых и новых электростанций (Рябов, 2010г.). Основываясь на

данных, полученных от поставщиков двух установок ЦКС СК давления, находящихся в данный момент на стадии строительства в России, было рассчитано, что капитальные затраты по установке для ЦКС будут больше хотя и лишь в малой степени (~3%) в случае использования экибастузского угля с низкой теплотворной способностью. Дальнейшие оценки были сделаны с учетом потенциального роста затрат на очистку дымовых газов, если российские стандарты по выбросам станут более строгими. В данном случае, технология ЦКС становится более экономически выгодной с 11% экономии для экибастузского угля. Техничко-экономический анализ технологии сжигания угольной пыли (УП) в сравнении с технологией сжигания в циркулирующем псевдоожиженном слое (ЦПС) [16]

### **3.3.Эффективность снижения выбросов оксидов азота при применении технологии ЦКС**

Большая часть оксидов азота в результате сжигания угля формируется вследствие окисления азота, присутствующего в топливе (топливные оксиды азота), и лишь небольшая часть образуется в результате окисления газообразного азота при высоких температурах (тепловые оксиды азота). В котлах для сжигания УП количество оксидов азота может быть существенно снижено путем регулирования параметров горения, известного как первичный способ, который включает использование горелок с низким выходом оксидов азота, острое дутье и трехступенчатое сжигание угля. Все они основываются на схожих принципах поддержания низких температур пламени и подачи воздуха горения ступенями, избегая чрезмерного сжигания кислорода, способствующего образованию оксидов азота. Вместе с этим, первичные способы способны получить 55% восстановления оксидов азота. Несмотря на это, для соблюдения ограничений по выбросам (ниже 200 мг/м<sup>3</sup>) зачастую требуется применить и вторичные меры, призванные удалить уже образовавшиеся оксиды азота из дымовых газов.

Для этого скрубберы впрыскивают аммиак или карбамид в дымовой газ, где они вступают в реакцию с оксидами азота для дальнейшего разложения на азот и воду. Для ускорения реакции можно ввести твердый катализатор, например, ванадий. Тогда данный процесс получит название селективное каталитическое восстановление (СКВ), при котором можно добиться 80-90% восстановления уровня оксидов азота со стехиометрическим отношением аммиака к оксидам азота 1:1. Как альтернативный вариант можно использовать и селективное некаталитическое восстановление (СНВ), которое позволяет избежать приобретения дорогостоящего катализатора и отдельного восстановительного сосуда путем впрыска аммиака или карбамида непосредственно в горячие дымовые газы (нагретые до температуры свыше 800°C). Данный процесс менее эффективен и обычно позволяет получить 30-50% восстановления уровня оксидов азота при стехиометрии 1-1,5, а

также он несет в себе риск «проскока аммиака», когда непрореагировавший аммиак достигает недопустимых уровней в дымовых газах [16].

Степень, до которой реагент может смешиваться с дымовыми газами, является принципиально важным ограничивающим фактором для СНВ и, вследствие этого, метод СКВ широко используется для крупных котлов для сжигания УП, которые должны удовлетворять ограничениям по выбросам оксидов азота. Несмотря на это, усовершенствования в технологии впрыскивания и моделировании дымовых газов привели к расширению использования метода СНВ для котлов мощностью до 320 МВт [16]. Сочетание методов СНР с первичными способами, такими как использование горелок с низким выходом оксидов азота, может в некоторых случаях представлять собой альтернативный способ получения схожих уровней восстановления оксидов азота, как и при использовании метода СКВ с меньшими капиталовложениями. При работе с высокозольным углем также предпочтительнее использовать метод СНВ, так как отдельные неорганические частицы могут загрязнить и повредить катализатор, используемый при СКВ.

По своей природе выбросы оксидов азота при СЦПС ниже, чем при СУП, так как низкие температуры сжигания эффективно препятствуют образованию тепловых оксидов азота, а восстанавливающие условия в нижней части слоя минимизируют топливные оксиды азота. Как и при СУП ступенчатая подача воздуха используется для дальнейшего восстановления топливных оксидов азота с вводом вторичного и третичного воздуха выше топочного экрана. Таким образом, все крупные установки для СЦПС, эксплуатируемые в Европе, справились с задачей по соблюдению ограничений по выбросам в  $200 \text{ мг/м}^3$  без использования газоочистки. Тем не менее, что касается контроля  $\text{SO}_2$ , строгие стандарты по выбросам и определенные типы топлива могут подразумевать необходимость в проведении обработки оксидов азота за котлом при использовании технологии СЦПС. В таких случаях, метод СНВ предлагает достаточный уровень восстановления оксидов азота и для соблюдения требований ВАСТ подходит практически для всех крупных установок для сжигания в ЦПС, эксплуатируемых в США [17]. Заметными исключениями являются две установки Рэд Хиллз мощностью 250 МВт, которые получают выгоду от низких температур и расхода воздуха, необходимого для сжигания бурого угля для соблюдения ограничений по выбросам оксидов азота без очистки дымовых газов (Morin, 2003 г.). Конструкция установок компании «Foster Wheeler» на электростанциях Туров и Лагижа также позволяет впрыскивать аммиак для оказания противодействия возрастающим уровням оксидов азота, которые могут образоваться в результате использования топлива, не соответствующего предусмотренным спецификациям [15].

Доказано, что метод СНВ является более эффективным для котлов для сжигания в ЦПС, нежели для котлов для сжигания УП, поскольку температурный интервал реакции превращения оксидов азота точно



соответствует интервалу рабочих температур при СЦПС. При температуре ниже 800°C реакция с аммиаком существенно замедляется, но при температуре свыше 1150°C реагент может сам окислиться до состояния оксида азота. Таким образом, для получения достаточного времени пребывания (свыше 0,5 сек) в температурном интервале в котлах для сжигания УП необходимо добиться точного равновесия между впрыском реагента в слишком горячую зону топки и впрыском в зону, расположенную далеко за зоной топки. При СЦПС реагент обычно впрыскивается на входе в циклоны в верхней части котла, где можно ожидать обратной циркуляции некоторого количества реагента через топку для того, чтобы иметь более чем достаточное количество времени для полной реакции. Впрыск реагента на выходе из циклонов также возможен и уже было доказано на примере установок мощностью 227 МВт в Пуэрто-Рико, использующих в качестве реагента карбамид, что он может являться намного более эффективным для восстановления оксидов азота. Тем не менее, при низких нагрузках температура котла может упасть ниже требуемого температурного интервала и существенно снизить эффективность удаления оксидов азота (рисунок 3.3) [16].

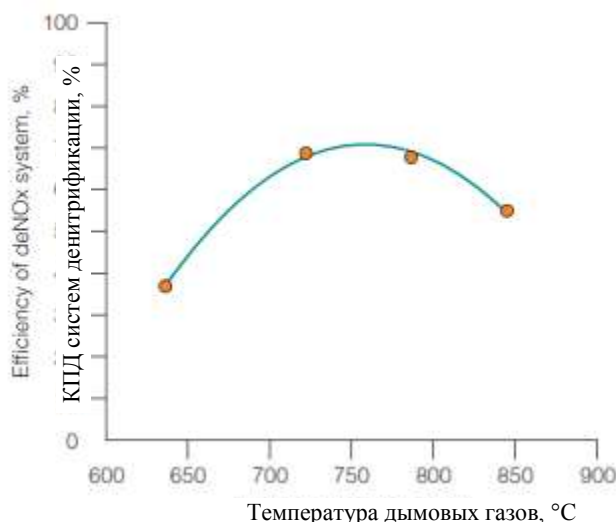


Рисунок 3.3. - КПД систем СНВ для денитрификации на установках электростанции Лагижа, представленный в виде функции температуры дымовых газов (Błaszczuk и др., 2013 г.)

Установки мощностью 550 МВт на электростанции в г. Самчхок являются первыми котлами для сжигания в ЦПС, конструкция которых предусматривает использование технологии СКВ вследствие применения в Южной Корее жестких ограничений по выбросам оксидов азота (50 ppm или 100 мг/м<sup>3</sup>) и крупных габаритов котлов.

Низкие температуры и восстанавливающие условия, ответственные за низкое образование оксидов азота при СЦПС, оказывают негативное воздействие на повышенные уровни выбросов N<sub>2</sub>O, которые могут быть в десять раз выше, нежели при СУП. Являясь сильным парниковым газом, N<sub>2</sub>O

присутствует в некоторых схемах торговли квотами на выбросы парниковых газов, следовательно, имеется некий потенциал для ужесточения регулирования выбросов в будущем для снижения уровня конкурентоспособности технологии СЦПС. Исследователи из Китая изучили возможность устранения данного загрязнителя с помощью использования аммиачной газоочистки на входах в циклоны, задействовав каталитические свойства циркулирующей золы. Трехступенчатое сжигание топлива представляет собой альтернативный подход к снижению уровней выбросов оксидов азота, для которого в качестве вторичного топлива исследовалась превращенная в газ биомасса.

### **3.4.Эффективность снижения сернистого ангидрида при применении технологии ЦКС**

Большинство технологий десульфуризации дымовых газов для котлов для сжигания УП предусматривают использование известняка или известкового сорбента для реакции с  $\text{SO}_2$  и характеризуются по количеству воды, используемой процессом, а именно, бывают влажными, сухими и полусухими. Наиболее широко используемым процессом является влажная ДДГ, в которой дымовые газы проходят через сосуд с известковым шламом. В результате реакции между ионами кальция и  $\text{SO}_2$  образуется  $\text{CaSO}_3$ , но для получения гипса в качестве товарного побочного продукта обычно выполняется введение воздуха. Данный процесс известен под названием «принудительное окисление». При использовании влажной ДДГ можно достичь 90-98% удаления  $\text{SO}_2$  при отношении  $\text{Ca/S}$  от 1,02 до 1,10, что позволяет говорить о данной технологии как о газоочиститке соединениями кальция с наивысшей производительностью (Европейская комиссия, 2006 г.). Тем не менее, высокие капитальные затраты позволяют использовать влажную ДДГ для установок с большой производительностью или для установок, в которых используется высокосернистый уголь. За последние два десятилетия в качестве конкурентоспособной альтернативы влажной ДДГ появились полусухие системы, такие как капельные распылительные абсорберы, используемые, в частности, для небольших установок, работающих на малосернистом угле, или в регионах с дефицитом воды. В системе распылительной сушки известковый шлам в виде мельчайших частиц впрыскивается в дымовой газ после чего вода испаряется, а сухая известь захватывается устройством осаждения частиц. Данная технология постоянно совершенствуется для достижения значения удаления  $\text{SO}_2$  в 95%, но при ее использовании соотношение  $\text{Ca/S}$  должно быть выше, чем в случае применения технологии влажной ДДГ (по меньшей мере, 1,5). Также технология полусухой ДДГ позволяет иметь дело с более высокими концентрациями  $\text{SO}_2$  и большими объемами дымовых газов (Европейская комиссия, 2006 г.). В более совершенных полусухих системах ДДГ, таких как новая комплексная технология десульфуризации дымовых газов (НКТДДГ) и

ДДГ в ЦПС, в качестве сорбента используется гашеная известь. Данные технологии объединяют в себе механизм рециркуляции сорбента, захваченного устройством для осаждения частиц, позволяющий максимизировать использование сорбента. В данных системах также предусмотрен впрыск воды отдельно от сорбента, который позволяет использовать сорбент независимо от концентраций известкового шлама. Данный тип технологии позволяет достичь потенциального значения удаления  $SO_2$  в 98% для стехиометрического соотношения 1-1,3 и становится все более широко применим в США и Китае [16].

Десульфуризация также может осуществляться и в самом котле для сжигания в ЦПС путем добавления известняка непосредственно в топку, где он превращается в известь до вступления в реакцию с  $SO_2$  для образования, главным образом,  $CaSO_3$ . Более медленная кинетика реакции и более слабое смешивание в такой реакции газа и твердого вещества в сравнении с водной реакцией в технологии влажной ДДГ приводит к менее эффективному использованию известняка. Данные, полученные по котлам для СЦПС мощностью 300 МВт в Китае и по установке сверхкритического давления в г. Лагижа, указывают на то, что соотношение между кальцием и серой равно 2 может обычно достигать 90-95% удаления  $SO_2$ , а для того, чтобы достичь максимального 99,8% удаления  $SO_2$ , значение соотношения должно быть равно 3 (рисунок 3.4).

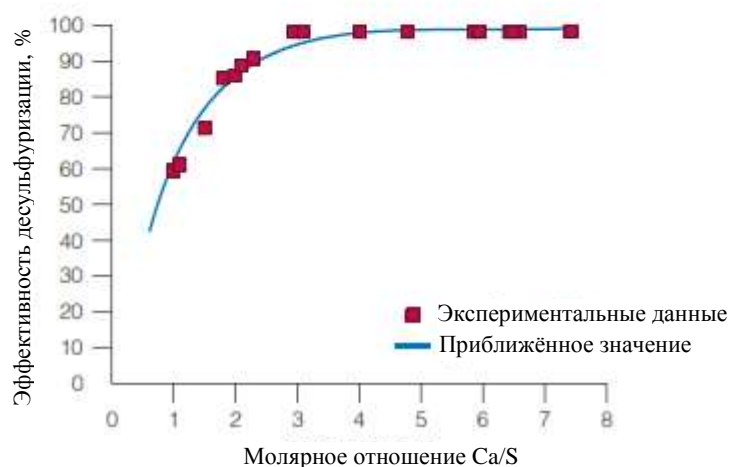
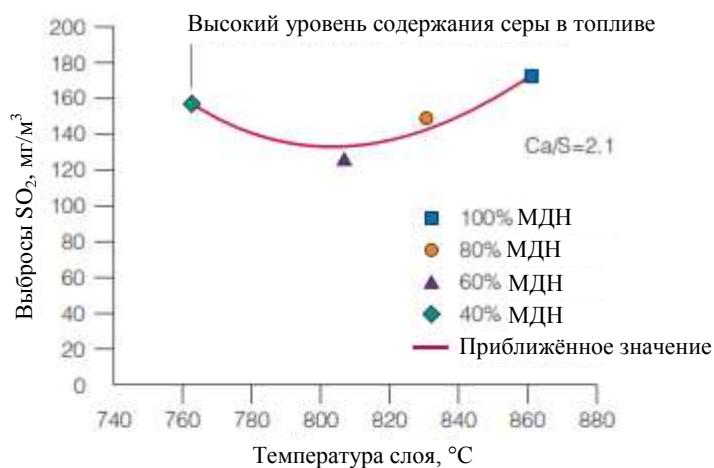


Рисунок 3.4. - Воздействие температуры и соотношения Ca/S на выбросы SO<sub>2</sub> для котла для СЦПС электростанции Лагижа. Эффективность удаления SO<sub>2</sub> остается постоянной на уровне 99,8% при соотношения Ca/S выше 3 (Blaszczuk и др., 2012 г.)

Тем не менее, данный процесс не требует установки дополнительного реакционного сосуда или водного контура. Несколько проведенных исследований показали, что такая десульфуризация «на месте» высоко чувствительна к эксплуатационным параметрам и способности известняка вступать в реакцию. В частности, важно поддерживать температуру слоя в диапазоне 800-850°C, при которой реакция кальцинирования выгодна в термодинамическом плане для минимизации использования известняка. Другие важные факторы включают коэффициент избытка воздуха, КПД циклона и высоту псевдоожиженного слоя/

Жесткие стандарты по выбросам могут увеличить возможности десульфуризации «на месте» и потребовать дополнительной десульфуризации дымовых газов за котлом, известной как «глубокая очистка», которая обычно принимает форму полусухой или сухой ДДГ. Практически во всех крупных установках для СЦПС в США необходимо использовать систему распылительной сушки ДДГ для соблюдения стандартов наилучшей разработанной технологии очистки (ВАСТ), которые

требуют от электростанций добиться наилучшего значения экономически обоснованных выбросов и до 98,5% десульфуризации (Virginia DEQ, 2008 г.). Поскольку в некоторых случаях такой уровень эффективности десульфуризации был бы возможен при использовании десульфуризации «на месте», то введение дополнительного количества известняка только снизит эффект и может нанести ущерб степени полноты сгорания, а также катализировать образование оксидов азота из аммиака. Компания «Foster Wheeler» склоняется к использованию распылительных скрубберов и впрыскиванию сухого сорбента для глубокой очистки дымовых газов, в то время как компания «Alstom» установила разработанные ею абсорберы быстрой сушки на двух своих энергоустановках для СЦПС в США и установки ДДГ ЦПС на двух котлах для сжигания в ЦПС мощностью 227 МВт в Пуэрто-Рико (Jarvis, 2001 г.). Преимущество таких полусухих скрубберов в том, что они способны восстановить активность непрореагировавшего известняка, оставшегося в золе-уносе (обычно свыше 30%), и заставить его вступить в реакцию с оставшимся SO<sub>2</sub>. Это сократит количество сорбента необходимого установке (Nielsen и др., 1999 г.).

Недавно введенные в Китае стандарты, налагающие ограничение в 100 мг/м<sup>3</sup> выбросов SO<sub>2</sub> на крупные углесжигающие энергоустановки, могут также потребовать проведения глубокой очистки от нескольких энергетических котлов для сжигания в ЦПС из большого числа котлов, находящихся в настоящий момент в эксплуатации. Выбросы нескольких установок мощностью 300 МВт для сжигания высокосернистого угля, расположенных на юго-западе Китая, в настоящий момент достигают значения значительно больше 200 мг/м<sup>3</sup> даже при удалении серы с 95% эффективностью (рисунок 3.5) (Yang и др., 2012 г.). Дополнительное введение ДДГ ЦПС для подобных установок в настоящее время является одним из наиболее предпочитаемых энергетическими предприятиями Китая способов десульфуризации (Long и др., 2013 г.).

Дополнительная газоочистка за котлом потенциально может снизить конкурентоспособность котлов для СЦПС в сравнении с котлами для СУП с влажной ДДГ, эффективность удаления которой уже достигает 99%. Если когда-то технология СЦПС рассматривалась как идеально подходящая для установок, сжигающих высокосернистый уголь, то более жесткие ограничения по выбросам, могут, напротив, сделать эту технологию наиболее подходящей для установок, сжигающих малосернистый уголь, для которых десульфуризация «на месте» все еще остается достаточно эффективной. Планируемые к постройке установки для СЦПС мощностью 550 МВт на электростанции в г. Самчхок, Южная Корея, ставят перед собой возможно самые амбициозные цели по удалению выбросов SO<sub>2</sub>, используя только лишь десульфуризацию «на месте», которые будут составлять 50 ppm (140 мг/м<sup>3</sup>) в рамках установленного диапазона видов топлива с содержанием 0,1-1% серы (Jäntti и др., 2012 г.). Данное ограничение ниже ограничения, установленного национальным стандартом, и преследует своей целью

демонстрацию новой экологической чистоты энергоустановки. Немногим более высокие ограничения ЕС в  $200 \text{ мг/м}^3$  в настоящий момент соблюдаются крупными котлами для сжигания в ЦПС на электростанциях в г. Сульчис и Лагижа. В них используется только топочный известняк. На итальянской энергоустановке частично сжигается высокосернистый уголь, но попутное сжигание биомассы оказывает смягчающее воздействие на выбросы  $\text{SO}_2$  [16].

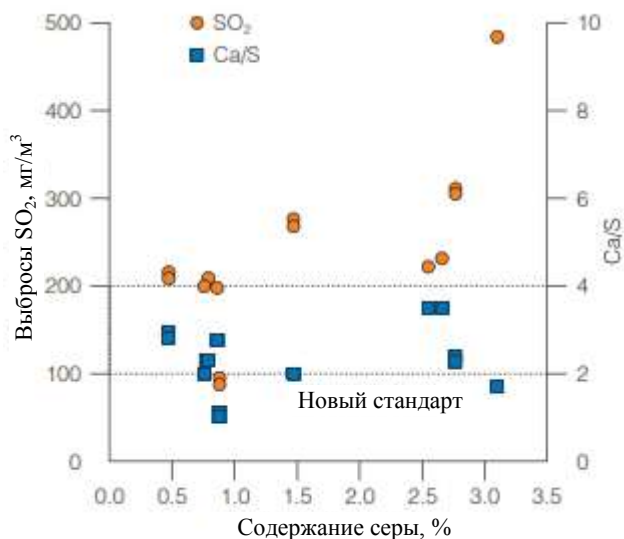


Рисунок 3.5. - Выбросы  $\text{SO}_2$  для котлов для СЦПС мощностью 300 МВт в Китае/

#### **Выводы по главе:**

– В данной главе исследована технология сжигания твердого топлива в котлах в циркулирующем кипящем слое. Основным преимуществом данной технологии являются его экологические параметры, которые полностью соответствуют требованиям к выбросам от паровых котлов, принятым в Казахстане;

– для достижения соответствующих концентраций не требуется установка дополнительного оборудования, что выгодно отличает котлы ЦКС от котлов с традиционной технологией сжигания.

## 4. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЦКС В Г. АСТАНА

### 4.1 Теоретические основы проведения расчетов выбросов загрязняющих веществ от тепловых электрических станций.

В ходе исследования были произведена оценка влияния выбросов от котельных агрегатов. Для решения поставленной задачи был разработан алгоритм процесса исследования, включающий Следующие этапы: ввод исходных данных, расчет выбросов загрязняющих веществ, получение результатов расчета, расчет приземных концентраций загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы, моделирование карт рассеивания загрязняющих веществ. Блок-схема представлена на Рисунке 4.1.

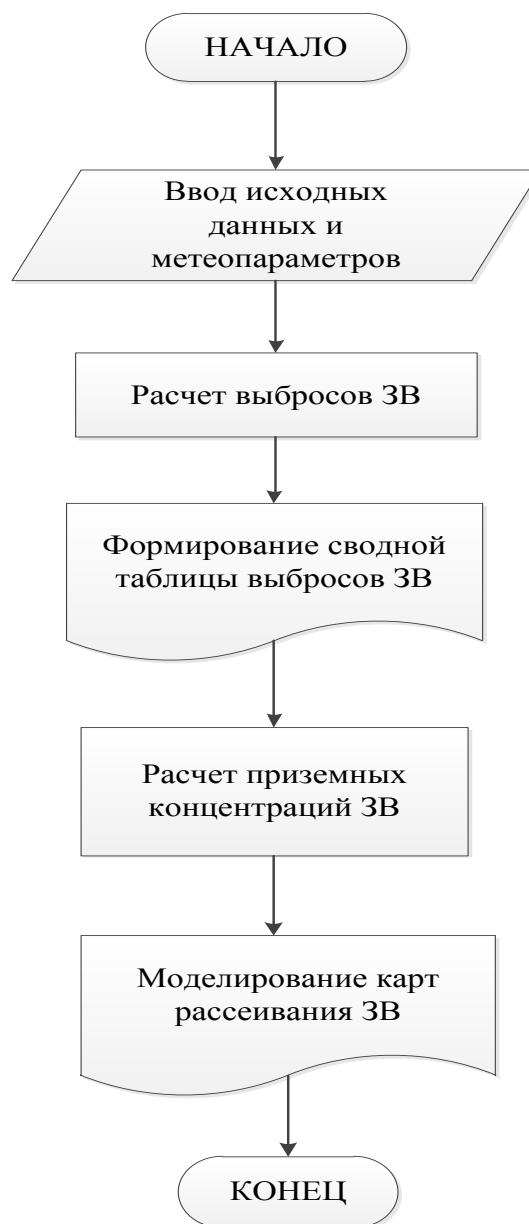


Рисунок 4.1. Блок-схема алгоритма оценки влияния выбросов от котельных агрегатов на атмосферный воздух.

Для выполнения расчета выбросов загрязняющих веществ предварительно необходимо определить объем сухих дымовых газов.

Для расчета использовались формулы согласно справочнику «Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод)» [20]

Для твердого жидкого топлива расчет выполняется по химическому составу сжигаемого топлива:

Расчет объемов дымовых газов. Максимальный разовый объем дымовых газов определяем по формуле:

$$V_{\Gamma}^{\Delta} = \{V_c \times [V_{\Gamma}^0 + (\alpha_d - 1) \times V_{\text{В}}^0] \times (t_d + 273)/273\} \times 10^{-3}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (4.1)$$

где  $V_c$  - максимальный разовый расход топлива, г/с;

$V_{\Gamma}^0$  - теоретический объем дымовых газов, образующихся при сжигании топлива,  $\text{м}^3/\text{кг}$ ;

$V_{\text{В}}^0$  - теоретический объем сухого воздуха, необходимого для полного сжигания 1 кг топлива,  $\text{м}^3/\text{кг}$ ;

$\alpha_d$  - коэффициент избытка воздуха за дымососом;

$t_d$  - температура уходящих газов за дымососом,  $^{\circ}\text{C}$ .

Теоретический объем сухого воздуха определяем по формуле:

$$V_{\text{В}}^0 = 0,0889C^{\text{P}} + 0,0333S^{\text{P}} + 0,265H^{\text{P}} - 0,0333O^{\text{P}}, \text{ м}^3/\text{кг} \quad (4.2)$$

Объем водяных паров определяем по формуле:

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 0,111H^{\text{P}} + 0,0124W^{\text{P}} + 0,0161V_{\text{В}}^0, \text{ м}^3/\text{кг} \quad (4.3)$$

Теоретический объем дымовых газов определяем по формуле:

$$V_{\Gamma}^0 = 0,01866(C^{\text{P}} + 0,375S^{\text{P}}) + 0,79V_{\text{В}}^0 + 0,0008N_{\text{P}} + V_{\text{H}_2\text{O}}, \text{ м}^3/\text{кг} \quad (4.4)$$

Объем сухих газов при  $\alpha = 1,4$  и  $t = 0^{\circ}\text{C}$  определяется по формуле:

$$V^{1,4}_{\text{сГ}} = (V_{\Gamma}^0 - V_{\text{H}_2\text{O}}) + (1,4 - 1) \times (1 - 0,0161) \times V_{\text{В}}^0, \text{ м}^3/\text{кг} \quad (4.5)$$

Расчет выбросов газообразных составляющих производится методом инструментальных замеров согласно Методике определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для тепловых электростанций и котельных, утвержденной [19].

Расчет выбросов окислов азота (г/с, т/год) производится по формулам:

$$M_{\text{NO}_x} = C_{\text{NO}_x} \times V^{1,4}_{\text{сГ}} \times V_{\text{р}} \times K \times 10^{-6}, \text{ для угля}; \quad (4.6)$$

$$M_{\text{NO}_x} = C_{\text{NO}_x} \times V^{1,4}_{\text{сГ}} \times V \times K \times 10^{-6}, \text{ для мазута}; \quad (4.7)$$



где  $K$  - коэффициент трансформации оксидов азота в диоксид азота в атмосфере, для расчета выбросов  $\text{NO}_2$   $K=0,8$ , для расчета выбросов  $\text{NO}$   $K=0,13$ ;

$V_p$  - расчетный расход натурального топлива (для угля), г/с; т/год;

$V$  - расход топлива (для мазута); т/год;

$C_{\text{NOx ср}}$ ,  $C_{\text{NOx макс}}$  - средние и максимальные концентрации оксидов азота в дымовых газах при  $\alpha = 1,4$ , мг/м<sup>3</sup>, принята по результатам инструментальных замеров.

Расчет выбросов *оксида углерода* (г/с, т/год) производится по формулам:

$$\begin{aligned} M_{\text{CO}} &= C_{\text{CO}} \times V^{1,4} \text{сг} \times V \times 10^{-6}, \text{ для угля;} \\ M_{\text{CO}} &= C_{\text{CO}} \times V^{1,4} \text{сг} \times V \times 10^{-6} \times 0,3, \text{ для мазута,} \end{aligned} \quad (4.8)$$

где:  $C_{\text{CO}}$  - концентрация оксида углерода в отработавших газах, мг/м<sup>3</sup>;

$V$  - расход топлива, т/год, г/с.

Расчет выбросов *оксидов серы*, выбрасываемых с дымовыми газами при сгорании топлива, выполняется по формуле:

$$M_{\text{SO}_2} = 0,02 \times V \times S^p \times (1 - \eta'_{\text{SO}_2}) \times (1 - \eta''_{\text{SO}_2}) \times (1 - \eta^c_{\text{SO}_2} n_0 / n_k), \quad (4.9)$$

где  $V$  - расход топлива, т/год, г/с;

$S^p$  - содержание серы в топливе, %.

$\eta'_{\text{SO}_2}$  - доля оксидов серы, связываемых летучей золой топлива,

$\eta''_{\text{SO}_2}$  - доля оксидов серы, улавливаемых в золоуловителе.

$\eta^c_{\text{SO}_2}$  - доля оксидов серы, улавливаемых в сероулавливающей установке;

$n_0$ ,  $n_k$  - длительность работы сероулавливающей установки и котла соответственно, ч/год.

Расчет выбросов *твердых частиц* производится теоретическим методом.

Расчет выбросов *пыли неорганической, содержащей двуокись кремния ( $\text{SiO}_2$ ) 70-20%* производится по формуле:

$$M_3 = [V \times A^p / (100 - \Gamma_{\text{ун}})] \times a_{\text{ун}} \times (1 - \eta_{\text{зуу}}), \text{ г/с; т/год} \quad (4.10)$$

где:  $V$  - расход натурального топлива, г/с; т/год;

$A^p$  - зольность топлива на рабочую массу, %;

$\Gamma_{\text{ун}}$  - содержание горючих в уносе, %;

$a_{\text{ун}}$  - доля золы, уносимой газами из котла, = 0,95;

$\eta_{\text{зуу}}$  - доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителе.

Расчет выбросов *мазутной золы* производится по формуле:

$$M_{V_{2O_5}} = 10^{-6} \times G_{V_{2O_5}} \times B \times (1 - \eta_{OC}) \times (1 - \eta_{ЗУУ}), \text{ г/с; т/год} \quad (4.11)$$

где:  $B$  - расход натурального топлива, г/с; т/год (приложение 4);  
 $A^P$  - зольность топлива на рабочую массу, % (приложение 4);  
 $\eta_{ЗУУ}$  - доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителе.  
 $\eta_{OC}$  - коэффициент оседания оксидов ванадия на поверхностях нагрева котлов, 0,05 для котлов без промежуточных пароперегревателей;  
 $G_{V_{2O_5}}$  - содержание ванадия в жидком топливе;

$$G_{V_{2O_5}} = 2222 \times A^P \quad (4.12)$$

Из формулы 4.11 следует:

$$M_{V_{2O_5}} = 10^{-6} \times 2222 \times A^P \times B \times (1 - \eta_{OC}) \times (1 - \eta_{ЗУУ}), \text{ г/с; т/год} \quad (4.13)$$

Концентрация *бенз(а)пирена* в сухих дымовых газах котлов за золоуловителями при факельном сжигании углей  $C_r$  (мкг/м<sup>3</sup>), приведенная к избытку воздуха в газах  $a = 1,4$ , рассчитывается по формуле:

$$C_r = \frac{A \cdot Q_i^r}{e^{1,5a\alpha^r}} \cdot K_d \cdot K_{ЗУ} \quad (4.14)$$

где  $A$  - коэффициент, характеризующий конструкцию нижней части топки:

- при жидком шлакоудалении  $A = 0,378$ ;
- при твердом шлакоудалении  $A = 0,521$ ;

$Q_i^r$  - низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

$a, \alpha$  - коэффициент избытка воздуха в продуктах сгорания на выходе из топки;

$K_d$  - коэффициент, учитывающий нагрузку котла;

$K_{ЗУ}$  - коэффициент, учитывающий степень улавливания бенз(а)пирена золоуловителями.

$$K_d = (D_{\phi}/D_n)^{1,1}, \quad (4.15)$$

где  $D_{\phi}$  - фактическая нагрузка котла, кг/с;

$D_n$  - номинальная нагрузка котла, кг/с;

$$K_{ЗУ} = 1 - h_{ЗУ} \cdot Z/100, \quad (4.16)$$

где  $h_{ЗУ}$  - КПД золоуловителя (по золе), %;

$Z$  - коэффициент, учитывающий снижение улавливающей способности бенз(а)пирена золоуловителями:

- для сухих аппаратов  $Z = 0,7$ ;
- для мокрых аппаратов  $Z = 0,8$ .

Расчеты выбросов были произведены с применением программы Excel, в специально разработанной программе расчета загрязняющих веществ от тепловых электрических станций.

Расчеты рассеивания выполнены по программе “Эколог” (версия 3.0), разработанной фирмой “Интеграл” (г. С-Петербург). Программа согласована Министерством охраны окружающей среды РК (письмо от 04.02.02 г. № 09-335). Данная программа реализует Методику расчета концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе от выбросов предприятий [22].

Расчет рассеивания загрязняющих веществ производится согласно формулам, приведенным ниже.

Максимальная приземная концентрация вредного вещества ( $C_m$ , мг/м<sup>3</sup>) при выбросе газовой смеси из точечного источника с круглым устьем достигается при неблагоприятных метеоусловиях на расстоянии  $X_m$ (м) от источника:

а) для горячих источников ( $\Delta T \gg 0$ )

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} \quad (4.17)$$

б) для источников, температура выбросов которых мало отличается от температуры воздуха, ( $\Delta T \approx 0$ )

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta \cdot K}{H^{4/3}} \quad (4.18)$$

где:

$H$  - высота трубы, м;

$M$  - масса выбрасываемого в атмосферу в единицу времени вещества, г/с;

$\Delta T = T_f - T_b$  - разность температур выбрасываемых газов и атмосферного воздуха;

$V_1$  - полный расход выбрасываемых газов на срезе трубы, м<sup>3</sup>/с;

Полный расход выбрасываемых газов на срезе трубы определяется по формуле:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \omega_0 \quad (4.19)$$

Где:

$D$  - диаметр устья источника, м;

$\omega_0$  - средняя скорость выхода газов из источника выбросов, м/с;

$\eta$  - безмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа. Для равнинного ландшафта  $\eta = 1$ ;

$A, F, n$  - расчетные коэффициенты.

В результате расчета рассеивания получены значения приземных концентраций ЗВ в расчетных точках: в ближайшей селитебной зоне и на границе санитарно-защитной зоны.

#### 4.2. Оценка уровня выбросов при применении технологии ЦКС и факельном сжигании.

В ходе исследования были произведены расчеты выбросов загрязняющих веществ при сжигании основного твердого топлива в котле с технологией ЦКС и факельном сжигании.

Расчет был произведен при сжигании основного твердого топлива (экибастузского угля) и растопочного (мазут М100). Характеристика топлива представлена в таблицах 1.

Таблица 4.1 - Характеристика экибастузского угля.

Элементарный состав топлива <sup>а</sup>	Экибастузский уголь	
	максимальное значение	среднегодовое значение
$Q_{н}^p$ , кКал/кг	3741	3990
$Q_{н}^p$ , МДж/кг	15,652	16,694
$A^p$ , %	39,1	40,3
$S^p$ , %	0,8	0,44
$N^p$ , %	0,82	0,88
$O^p$ , %	4,4	6,04
$H^p$ , %	2,18	2,74
$C^p$ , %	43,7	44,6
$W^p$ , %	9	5
<b>Всего:</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Таблица 4.2 - Характеристика растопочного топлива мазута.

Элементарный состав топлива, среднегодовой	Мазут малосернистый
$Q_{н}^p$ , кКал/кг	9050,00
$Q_{н}^p$ , МДж/кг	37,865
$A^p$ , %	0,11
$S^p$ , %	2,56
$N^p$ , %	0,76
$O^p$ , %	0,19
$H^p$ , %	10
$C^p$ , %	81,35
$W^p$ , %	5
<b>Всего:</b>	<b>100</b>

Для выполнения расчета выбросов загрязняющих веществ предварительно был определен объем сухих дымовых газов по химическому составу топлива.

Результаты расчета представлены в таблице 4.3 и 4.4.

Таблица 4.3 - Теоретический объем продуктов сгорания при сжигании угля.

Наименование показателей	Обозначение	Размерность	Значение, макс.	Значение, сред.
<b>Теоретические объемы продуктов сгорания при <math>a=1</math></b>				
Теоретический объем сухого воздуха, необходимого для полного сжигания 1 кг топлива	$V^0$	нм <sup>3</sup> /кг	4,343	4,505
Теоретич. объем азота (объем сухих двухатомных газов)	$V_N$	нм <sup>3</sup> /кг	3,437	3,566
Теоретический объем сухих трехатомных газов	$V_{R02}$	нм <sup>3</sup> /кг	0,821	0,835
Теоретический объем водяных паров	$V_{H2O}$	нм <sup>3</sup> /кг	0,423	0,439
Теоретический объем дымовых газов, образующихся при сжигании топлива	$V^0_{\Gamma}$	нм <sup>3</sup> /кг	4,682	4,840
<b>Теоретические объемы продуктов сгорания при <math>a=1,4</math></b>				
Теоретический объем дымовых газов, образующихся при сжигании топлива	$V^{1,4}$	нм <sup>3</sup> /кг	6,419	6,641
Объем сухих газов	$V^{1,4}_{сг}$	нм <sup>3</sup> /кг	5,996	6,203

Таблица 4.4- Теоретический объем продуктов сгорания при сжигании мазута.

Наименование показателей	Обозначение	Размерность	Значение
<b>Теоретические объемы продуктов сгорания при <math>a=1</math></b>			
Теоретический объем сухого воздуха, необходимого для полного сжигания 1 кг топлива	$V^0$	нм <sup>3</sup> /кг	9,961
Теоретич. объем азота(объем сухих двухатомных газов)	$V_N$	нм <sup>3</sup> /кг	7,875
Теоретический объем сухих трехатомных газов	$V_{R02}$	нм <sup>3</sup> /кг	1,536
Теоретический объем водяных паров	$V_{H2O}$	нм <sup>3</sup> /кг	1,332
Теоретический объем дымовых газов, образующихся при сжигании топлива	$V^0_{\Gamma}$	нм <sup>3</sup> /кг	10,744
<b>Теоретические объемы продуктов сгорания при <math>a=1,4</math></b>			
Теоретический объем дымовых газов, образующихся при сжигании топлива	$V^{1,4}$	нм <sup>3</sup> /кг	14,728
Объем сухих газов	$V^{1,4}_{сг}$	нм <sup>3</sup> /кг	13,396

Расчет загрязняющих веществ, выбрасываемых котельным агрегатом с технологией сжигания твердого топлива в циркулирующем кипящем слое.

Исходные данные для расчета выбросов ЗВ при сжигании основного топлива (угля) представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5- Исходные данные для расчета выбросов загрязняющих веществ, выбрасываемых котлом ЦКС при сжигании основного топлива.

Наименование показателей	Обозначение	Размерность	Значение	
1	2	3	4	
Номинальная производительность котла	$D_n$	т/ч	550	
Фактическая производительность котла	$D_f$	т/ч	550	
Среднегодовая производительность котла	$D_{ф}$	т/ч	414	
Расход топлива	$B$			
часовой расход (при фактической нагрузке)		т/ч	198	
годовой		т/ГОД	1250000	
Потеря тепла от химической неполноты сгорания топлива	$q_3$	%	0	
Потеря тепла от механической неполноты сгорания топлива	$q_4$	%	2	
Расчетный расход топлива	$B_p$			
часовой расход (при фактической нагрузке)	$B^p_{ч}$	т/ч	193,758	
годовой	$B^p_{г}$	т/ГОД	1225000	
Время работы котла	$n_k$	ч/ГОД	8400	
Температура уходящих газов за дымососом	$t_{\delta}$	°С	120	
Коэффициент избытка воздуха за дымососом	$\alpha_{\delta}$		1,4	
Коэффициент избытка воздуха в продуктах сгорания при выходе из топки	$\alpha_m''$		1,2	
Измеренная массовая концентрация оксидов азота (макс) при $O_2=6\%$	$C'_{измNOx}$	мг/нм <sup>3</sup>	200	
Измеренная массовая концентрация оксидов азота (сред) при $O_2=6\%$	$C_{измNOx}$	мг/нм <sup>3</sup>	250	
Измеренная массовая концентрация оксида углерода (макс) при $O_2=6\%$	$C'_{измCO}$	мг/нм <sup>3</sup>	103	
Измеренная массовая концентрация оксида углерода (сред) при $O_2=6\%$	$C_{измCO}$	мг/нм <sup>3</sup>	120	
Измеренная массовая концентрация диоксида серы (макс) при $O_2=6\%$	$C'_{измSO_2}$	мг/нм <sup>3</sup>	200	
Измеренная массовая концентрация диоксида серы (сред) при $O_2=6\%$	$C_{измSO_2}$	мг/нм <sup>3</sup>	250	
Измеренная массовая концентрация твердых частиц при нормальных условиях	$B$	$C_{изм тв}$	мг/нм <sup>3</sup>	50
Доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле	$n_{SO_2}$			

Продолжение таблицы 4.5

Доля оксидов серы, улавливаемых в мокром золоуловителе	$n_{SO_2}$		
Доля оксидов серы, улавливаемых в сероулавливающей установке	$n_{cSO_2}$		
Время работы сероулавливающей установки	$n_0$	ч/год	<b>8400</b>
Доля золы, уносимой газами из котла	$a_{ун}$		<b>0,5</b>
Содержание горючих в уносе	$\Gamma_{ун}$	%	
максимальное			
среднегодовое			
Доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях	$n_3$		
количество полей (для электрофилтра)			<b>5</b>
максимальная			<b>0,9987</b>
среднегодовая			<b>0,995</b>
Коэффициент, характеризующий конструкцию нижней части топки котла	$A$		
при твердом шлакоудалении			<b>0,521</b>
Коэффициент, учитывающий снижение улавливающей способности бенз(а)пирена золоуловителями для сухих аппаратов	$Z$		
			<b>0,7</b>
Коэффициент пересчета при определении выбросов	$k_n$		
для расчетов в г/с			<b>0,000278</b>
для расчетов в т/год			<b>0,000001</b>

Расчет выбросов выполнен согласно формулам 4.6÷4.16.

Результаты расчета выбросов загрязняющих веществ представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Результаты расчета выбросов котла ЦКС при сжигании угля.

Вещество		Выбросы	
Код	Наименование	г/с	т/год
(0301+0304)	NO <sub>x</sub>	64,589199	1899,607786
0301	NO <sub>2</sub>	51,671359	1519,686229
0304	NO	8,396596	246,949012
(0328+2908)	Твердые частицы	17,626593	1296,116496
0328	Коксовые остатки (Сажа)	3,715835	62,546261
2908	Пыль неорганическая (летучая зола)	13,910759	1233,570235
0330	SO <sub>2</sub>	64,589199	1899,607786
0337	CO	33,263437	911,811737
0703	Бенз(а)пирен	0,000099	0,001833
	<b>Всего:</b>	<b>175,547283</b>	<b>5874,173094</b>

Исходные данные для расчета выбросов при пусковых операциях котла представлен в таблице 4.7. Выбросы при сжигании растопочного

топлива рассчитываются только в годовом выражении, так как максимальные выбросы достигаются только при сжигании основного топлива.

Таблица 4.7- Исходные данные для расчета выбросов загрязняющих веществ, выбрасываемых котлом ЦКС при сжигании мазута.

Наименование показателей	Обозначение	Размерность	Значение
1	2	3	4
Номинальная производительность котла	$D_n$	т/ч	550
Фактическая производительность котла	$D_{ф}$	т/ч	550
Среднегодовая производительность котла	$D_{ф}$	т/ч	414
Время работы котла	$n_k$	час	90
Расход топлива	$B$		
часовой расход		т/ч	
годовой		т/год	7000
Потеря тепла от механической неполноты сгорания топлива	$q_4$	%	0,02
Коэффициент, характеризующий выход оксидов азота	$KNO_x$		5,175
Коэффициент, учитывающий влияние на выход NO <sub>x</sub> качества сжигаемого топлива	$\beta_1$		
$a_m = >1,05$			1
Коэффициент, учитывающий конструкцию горелок	$\beta_2$		
прямоточные			0,85
Коэффициент, учитывающий вид шлакоудаления	$\beta_3$		
твердое			1
Степень рециркуляции дымовых газов, %	$r$		
Коэффициент, характеризующий эффективность воздействия рециркуляции газов на выход оксидов азота при $r$ менее 20%	$\varepsilon_1$		
в под топки (расположение горелок в вертикальном положении)			0,002
Коэффициент	$f$		0,852
Доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле	$n_{SO_2}$		0,02
Доля оксидов серы, улавливаемых в мокром золоуловителе	$n''_{SO_2}$		0,1
Доля оксидов серы, улавливаемых в сероулавливающей установке	$n_{cSO_2}$		0
Время работы сероулавливающей установки	$n_0$	ч/год	0
Доля золы, уносимой газами из котла	$a_{yn}$		0,95
Доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях	$n_3$		
количество полей			5
максимальная			0,999
среднегодовая			0,995
Доля ванадия, оседающего с твердыми частицами на поверхности нагрева мазутных котлов	$n_{oc}$		
котел с промперегревателями, очистка производится в остановленном состоянии			0,07



Продолжение таблицы 4.7

Коэффициент для расчета степени улавливания мазутной золы	$C$		
для электрофильтров			<b>0,6</b>
Коэффициент пересчета при определении выбросов	$k_n$		
для расчетов в г/с			<b>0,278</b>
для расчетов в т/год			<b>0,001</b>
Теплонапряжение поверхности зоны активного горения	$q_{пз}$	МВт/ м <sup>2</sup>	<b>1,799</b>
число ярусов горелки	$z_{яp}$		
расстояние по высоте между осями соседних горелок	$h_{яp}$	м	
ширина топки	$a_m$	м	
глубина топки	$b_m$	м	
Коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции	$K_{Г}$		<b>1</b>
Степень рециркуляции	$r$		<b>0</b>
Коэффициент, характеризующий влияние рециркуляции дымовых газов на выброс бенз(а)перена	$d$		
в под топочной камеры			<b>1</b>
Коэффициент, учитывающий ступенчатое горение	$K_{СТ}$		<b>3,7</b>
Коэффициент, учитывающий воздействие воздуха, подаваемого на вторую ступень горения	$b$		
для схемы, реализующей ступенчатое сжигание по "горизонтали"			<b>2,7</b>
Доля воздуха, подаваемого на вторую ступень горения	$d$		<b>1</b>
Коэффициент, учитывающий подачу влаги	$K_{пл}$		<b>0,135</b>
Водо-топливное отношение при подаче влаги в зону горения	$g$		<b>1</b>
Коэффициент, учитывающий воздействие влаги в зону горения	$I$		
в дутьевой воздух			<b>2</b>
Коэффициент, учитывающий увеличение выброса бенз(а)перена при очистке конвективных поверхностей нагрева на ходу котла	$K_{оч}$		<b>1,1</b>
период между очистками, ч			
-при дроблевой очистке конвективных поверхностей нагрева	0		<b>0</b>
-при дроблевой очистке конвективных поверхностей нагрева	12-24		<b>1,1</b>
Теплонапряжение топочного объема	$q_v$	кВт/м <sup>3</sup>	<b>0,000127</b>
Коэффициент пересчета при определении выбросов	$k_n$		
для расчетов в г/с			<b>0,000278</b>
для расчетов в т/год			<b>0,000001</b>

Результаты расчетов отражены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Результаты расчета выбросов котла ЦКС при пуске.

Код	Наименование	Выбросы
		т/год
(0301+0304)	NO <sub>x</sub>	39,797064
0301	NO <sub>2</sub>	31,837651
0304	NO	5,173618
0330	SO <sub>2</sub>	316,108800
0337	CO	0,609614
0703	Бен(а)перен	0,000000030
2904	Зола мазутная в пересчете на V	0,641145
<b>Всего:</b>		<b>354,370829</b>

Суммарные выбросы загрязняющих веществ от котельного агрегата ЦКС представлены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 - Выбросы загрязняющих веществ от котла Е-550 ЦКС.

с		Выбросы	
Код	Наименование	г/с	т/год
(0301+0304)	NO <sub>x</sub>	64,589199	1939,404851
0301	NO <sub>2</sub>	51,671359	1551,523881
0304	NO	8,396596	252,122631
(0328+2908)	Твердые частицы	17,626593	1296,116496
0328	Коксовые остатки (Сажа)	3,715835	62,546261
2908	Пыль неорганическая (летучая зола)	13,910759	1233,570235
0330	SO <sub>2</sub>	64,589199	2215,716586
0337	CO	33,263437	912,421351
0703	Бенз(а)пирен	0,000099	0,001833
2904	Зола мазутная в пересчете на V	0,000000	0,641145
<b>Итого:</b>		<b>175,547283</b>	<b>6228,543924</b>

В результате расчетов выбросов загрязняющих веществ от котла Е-550ЦКС установлено, максимально-разовые выбросы оцениваются на уровне 175,55 г/с, годовые выбросы составляют 6228,54 т/год. Основными загрязняющими веществами являются окислы азота, серы и пыль. Окислы азота составляют 25% выбросов ЗВ, окислы серы составляют 35,5 % выбросов, выбросы пыли составляют 20 % выбросов.

*Расчет загрязняющих веществ, выбрасываемых пылеугольным котельным агрегатом*

Исходные данные для расчета выбросов ЗВ при сжигании основного топлива (угля) представлены в таблице 4.10.

Таблица 4.5- Исходные данные для расчета выбросов загрязняющих веществ, выбрасываемых пылеугольным котлом при сжигании основного топлива.

Наименование показателей	Обозначение	Размерность	Значение
1	2	3	4
Номинальная производительность котла	$D_n$	т/ч	<b>550</b>
Фактическая производительность котла	$D_{ф}$	т/ч	<b>550</b>
Среднегодовая производительность котла	$D_{ф}$	т/ч	<b>473</b>
Расход топлива	$B$		
часовой расход (при фактической нагрузке)		т/ч	<b>190</b>
годовой		т/ГОД	<b>1374000</b>
Потеря тепла от химической неполноты сгорания топлива	$q_3$	%	<b>0</b>
Потеря тепла от механической неполноты сгорания топлива	$q_4$	%	<b>2</b>
Расчетный расход топлива	$B_p$		
часовой расход (при фактической нагрузке)	$B_{пч}$	т/ч	<b>186,200</b>
годовой	$B_{пг}$	т/ГОД	<b>1346520</b>
Время работы котла	$n_k$	ч/ГОД	<b>8400</b>
Температура уходящих газов за дымососом	$t_{\delta}$	°С	<b>85</b>
Коэффициент избытка воздуха за дымососом	$\alpha_{\delta}$		<b>1,4</b>
Коэффициент избытка воздуха в продуктах сгорания при выходе из топки	$\alpha_m''$		<b>1,2</b>
Измеренная массовая концентрация оксидов азота (макс) при $O_2=6\%$	$C'_{измNOx}$	мг/нм <sup>3</sup>	<b>250</b>
Измеренная массовая концентрация оксидов азота (сред) при $O_2=6\%$	$C_{измNOx}$	мг/нм <sup>3</sup>	<b>200</b>
Измеренная массовая концентрация оксида углерода (макс) при $O_2=6\%$	$C'_{измCO}$	мг/нм <sup>3</sup>	<b>250</b>
Измеренная массовая концентрация оксида углерода (сред) при $O_2=6\%$	$C_{измCO}$	мг/нм <sup>3</sup>	<b>200</b>
Измеренная массовая концентрация диоксида серы (макс) при $O_2=6\%$	$C'_{измSO_2}$	мг/нм <sup>3</sup>	<b>200</b>
Измеренная массовая концентрация диоксида серы (сред) при $O_2=6\%$	$C_{измSO_2}$	мг/нм <sup>3</sup>	<b>300</b>
Измеренная массовая концентрация твердых частиц при нормальных условиях $B$	$C_{изм тв}$	мг/нм <sup>3</sup>	<b>50</b>
Доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле	$n_{SO_2}$		<b>0,02</b>
Доля оксидов серы, улавливаемых в мокром золоуловителе	$n''_{SO_2}$		
Доля оксидов серы, улавливаемых в сероулавливающей установке	$n_{cSO_2}$		
Время работы сероулавливающей установки	$n_0$	ч/ГОД	<b>8400</b>
Доля золы, уносимой газами из котла	$a_{ун}$		<b>0,95</b>
Содержание горючих в уносе	$\Gamma_{ун}$	%	

Продолжение таблицы 4.10

максимальное			
среднегодовое			
Доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях	$n_3$		
количество полей (для электрофилтра)			<b>5</b>
максимальная			<b>0,9993</b>
среднегодовая			<b>0,997</b>
Коэффициент, характеризующий конструкцию нижней части топки котла	$A$		
при твердом шлакоудалении			<b>0,521</b>
Коэффициент, учитывающий снижение улавливающей способности бенз(а)пирена золоуловителями для сухих аппаратов	$Z$		<b>0,7</b>
Коэффициент пересчета при определении выбросов	$k_n$		
для расчетов в г/с			<b>0,000278</b>
для расчетов в т/год			<b>0,000001</b>

Результаты расчета представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Результаты расчета выбросов пылеугольного котла при сжигании угля.

Вещество		Выбросы	
Код	Наименование	г/с	т/год
(0301+0304)	NO <sub>x</sub>	77,587272	1670,439103
0301	NO <sub>2</sub>	62,069818	1336,351282
0304	NO	10,086345	217,157083
(0328+2908)	Твердые частицы	16,939046	1620,221120
0328	Коксовые остатки (Сажа)	3,161060	42,113420
2908	Пыль неорганическая (летучая зола)	13,777986	1578,107700
0330	SO <sub>2</sub>	62,069818	2505,658654
0337	CO	77,587272	1670,439103
0703	Бенз(а)пирен	0,000095	0,002326
<b>Всего:</b>		<b>228,752394</b>	<b>7349,829569</b>

Исходные данные для расчета выбросов при пуске котла представлен в таблице 4.12. Выбросы при сжигании растопочного топлива рассчитываются только в годовом выражении, так как максимальные выбросы достигаются только при сжигании основного топлива.

Таблица 4.12- Исходные данные для расчета выбросов загрязняющих веществ при пусковых операциях пылеугольного котла.

Наименование показателей	Обозначение	Размерность	Значение
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Номинальная производительность котла	$D_n$	т/ч	<b>550</b>
Фактическая производительность котла	$D_{ф}$	т/ч	<b>550</b>

Продолжение таблицы 4.12

Среднегодовая производительность котла	$D\phi$	т/ч	<b>473</b>
Время работы котла	$n_k$	час	<b>90</b>
Расход топлива	$B$		
часовой расход		т/ч	
годовой		т/ГОД	<b>7305</b>
Потеря тепла от механической неполноты сгорания топлива	$q_4$	%	<b>0,02</b>
Коэффициент, характеризующий выход оксидов азота	$KNO_x$		<b>5,919</b>
Коэффициент, учитывающий влияние на выход $NO_x$ качества сжигаемого топлива	$\beta_1$		
$a_m = >1,05$			<b>1</b>
Коэффициент, учитывающий конструкцию горелок	$\beta_2$		
прямоточные			<b>0,85</b>
Коэффициент, учитывающий вид шлакоудаления	$\beta_3$		
твердое			<b>1</b>
Степень рециркуляции дымовых газов, %	$r$		
Коэффициент, характеризующий эффективность воздействия рециркуляции газов на выход оксидов азота при $r$ менее 20%	$\varepsilon_1$		
в под топки (расположение горелок в вертикальном положении)			<b>0,002</b>
Коэффициент	$f$		<b>0,917</b>
Доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле	$n_{SO_2}$		<b>0,02</b>
Доля оксидов серы, улавливаемых в мокром золоуловителе	$n_{SO_2}$		<b>0,1</b>
Доля оксидов серы, улавливаемых в сероулавливающей установке	$n_{cSO_2}$		<b>0</b>
Время работы сероулавливающей установки	$n_0$	ч/ГОД	<b>0</b>
Доля золы, уносимой газами из котла	$a_{yn}$		<b>0,95</b>
Доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях	$n_3$		
количество полей			<b>5</b>
максимальная			<b>0,996</b>
среднегодовая			<b>0,988</b>
Доля ванадия, оседающего с твердыми частицами на поверхности нагрева мазутных котлов	$n_{oc}$		
котел с промперегревателями, очистка производится в остановленном состоянии			<b>0,07</b>
Коэффициент для расчета степени улавливания мазутной золы	$C$		
для электрофильтров			<b>0,6</b>
Коэффициент пересчета при определении выбросов	$k_n$		
для расчетов в г/с			<b>0,278</b>
для расчетов в т/ГОД			<b>0,001</b>

Продолжение таблицы 4.12

Теплонапряжение поверхности зоны активного горения	$q_{пг}$	МВт/м <sup>2</sup>	<b>1,799</b>
число ярусов горелки	$z_{яр}$		
расстояние по высоте между осями соседних горелок	$h_{яр}$	м	
ширина топки	$a_{т}$	м	
глубина топки	$b_{т}$	м	
Коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции	$K_{Г}$		<b>1</b>
Степень рециркуляции	$r$		<b>0</b>
Коэффициент, характеризующий влияние рециркуляции дымовых газов на выброс бенз(а)перена	$d$		
в под топочной камеры			<b>1</b>
Коэффициент, учитывающий ступенчатое горение	$K_{СТ}$		<b>3,7</b>
Коэффициент, учитывающий воздействие воздуха, подаваемого на вторую ступень горения	$b$		
для схемы, реализующей ступенчатое сжигание по "горизонтали"			<b>2,7</b>
Доля воздуха, подаваемого на вторую ступень горения	$d$		<b>1</b>
Коэффициент, учитывающий подачу влаги	$K_{пл}$		<b>0,135</b>
Водо-топливное отношение при подаче влаги в зону горения	$g$		<b>1</b>
Коэффициент, учитывающий воздействие влаги в зону горения	$I$		
в дутьевой воздух			<b>2</b>
Коэффициент, учитывающий увеличение выброса бенз(а)перена при очистке конвективных поверхностей нагрева на ходу котла	$K_{оч}$		<b>1,1</b>
период между очистками, ч			
-при дроблевой очистке конвективных поверхностей нагрева	0		<b>0</b>
-при дроблевой очистке конвективных поверхностей нагрева	12-24		<b>1,1</b>
Теплонапряжение топочного объема	$q_v$	кВт/м <sup>3</sup>	<b>0,000127</b>
Коэффициент пересчета при определении выбросов	$k_n$		
для расчетов в г/с			<b>0,000278</b>
для расчетов в т/год			<b>0,000001</b>

Результаты расчетов отражены в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Результаты расчета выбросов пылеугольного котла при пуске.

Код	Наименование	Выбросы
		т/год
(0301+0304)	NO <sub>x</sub>	47,503911
0301	NO <sub>2</sub>	38,003129
0304	NO	6,175508
0330	SO <sub>2</sub>	329,882112
0337	CO	0,636176
0703	Бен(а)перен	0,000000025
2904	Зола мазутная в пересчете	0,676225
<b>Итого:</b>		<b>375,373150</b>

Суммарные выбросы загрязняющих веществ представлены в таблице 4.14.

Таблица 4.14 - Выбросы загрязняющих веществ от пылеугольного котла.

Вещество		Выбросы	
Код	Наименование	г/с	т/год
(0301+0304)	NO <sub>x</sub>	77,587272	1717,943014
0301	NO <sub>2</sub>	62,069818	1374,354411
0304	NO	10,086345	223,332592
(0328+2908)	Твердые частицы	16,939046	1620,221120
0328	Коксовые остатки (Сажа)	3,161060	42,113420
2908	Пыль неорганическая (летучая зола)	13,777986	1578,107700
0330	SO <sub>2</sub>	62,069818	2835,540766
0337	CO	77,587272	1671,075279
0703	Бенз(а)пирен	0,000095	0,002326
2904	Зола мазутная в пересчете на V	0,000000	0,676225
<b>ИТОГО:</b>		<b>228,752394</b>	<b>7725,202719</b>

В результате расчетов выбросов загрязняющих веществ от пылеугольного котла Е-550КТ установлено, что максимально-разовые выбросы составляют 228,75 г/с, годовые выбросы составляют 7725,20 т/год. Основными загрязняющими веществами являются окислы азота, серы и пыль. Окислы азота составляют 18% выбросов ЗВ, окислы серы составляют 37 % выбросов, выбросы пыли составляют 20 % выбросов.

Сравнительный анализ выбросов загрязняющих веществ показал, что выбросы от котельного агрегата ЦКС ниже выбросов от котельного агрегата с традиционной технологией сжигания при равных условиях:

Максимально-разовые выбросы котла ЦКС ниже на 23% выбросов котла КТ. Результаты анализа представлены в таблице 4.15 и на рисунке 4.1.

Таблица 4.15 – Сравнительный анализ максимально-разовые выбросов ЗВ от котла ЦКС и пылеугольного котла, г/с.

Вещество	Котел ЦКС	Пылеугольный котел
NO <sub>2</sub>	51,671359	62,069818
NO	8,396596	10,086345
Твердые частицы	17,626593	16,939046
Коксовые остатки (Сажа)	3,715835	3,161060
Пыль неорганическая (летучая зола)	13,910759	13,777986
SO <sub>2</sub>	64,589199	62,069818
CO	33,263437	77,587272
Бенз(а)пирен	0,000099	0,000095
Зола мазутная в пересчете на V	0,641145	0,676225
<b>Всего:</b>	<b>175,547283</b>	<b>228,752394</b>

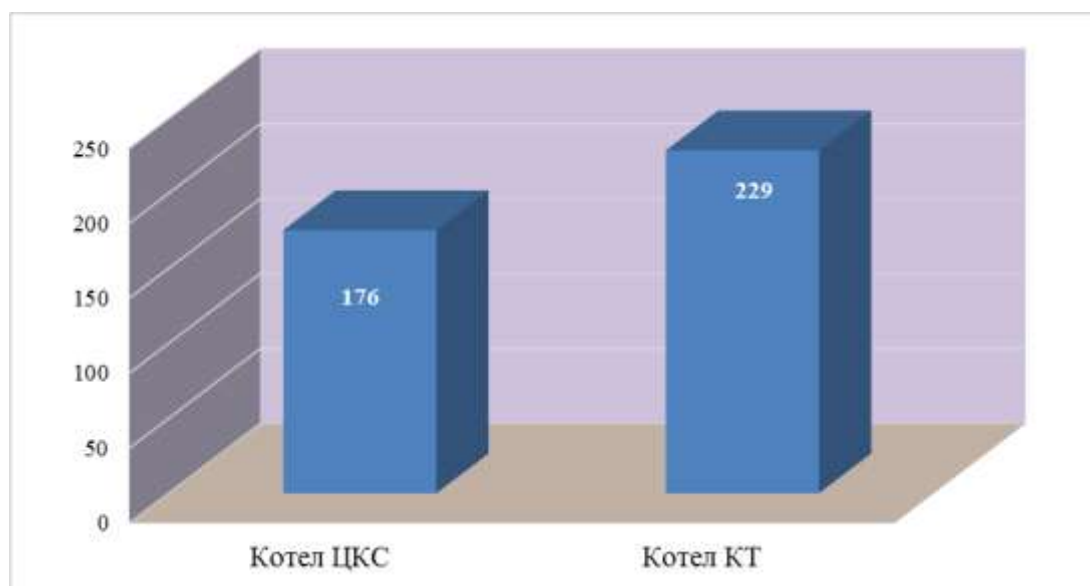


Рисунок 4.1. - Сравнительный анализ максимально-разовых выбросов котла ЦКС и котла типа КТ.

Годовые выбросы котла ЦКС ниже на 20% выбросов пылеугольного котла. Результаты анализа представлены в таблице 4.16 и на рисунке 4.2.

Таблица 4.16 – Сравнительный анализ годовых выбросов ЗВ от котла ЦКС и пылеугольного котла, т/год.

Вещество	Котел ЦКС	Пылеугольный котел
NO <sub>2</sub>	1551,523881	1374,354411
NO	252,122631	223,332592
Твердые частицы	1296,116496	1620,221120
Коксовые остатки (Сажа)	62,546261	42,113420
Пыль неорганическая (летучая зола)	1233,570235	1578,107700
SO <sub>2</sub>	2215,716586	2835,540766



Продолжение таблицы 4.16

СО	912,421351	1671,075279
Бенз(а)пирен	0,001833	0,002326
Зола мазутная в пересчете на V	0,000000	0,000000
<b>Всего:</b>	<b>6227,902778</b>	<b>7724,526493</b>

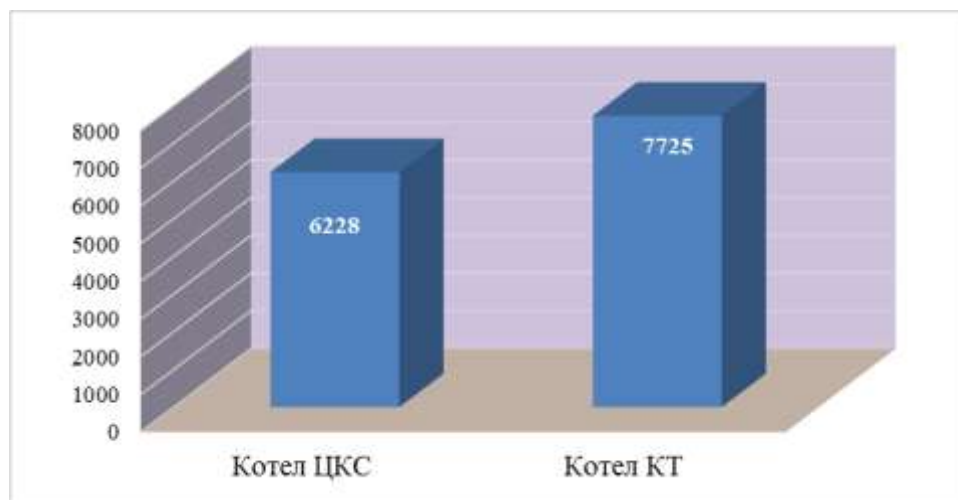
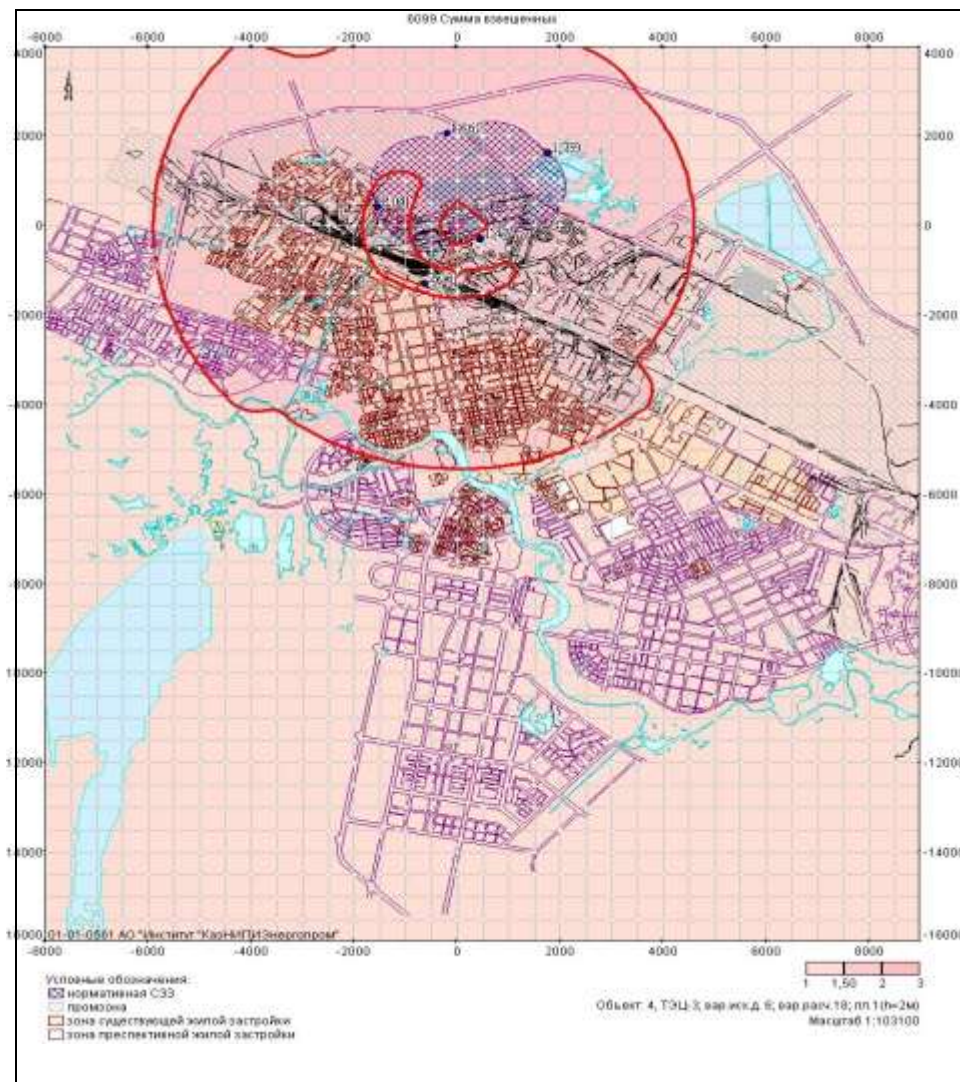


Рисунок 4.2. - Сравнительный анализ годовых выбросов котла ЦКС и котла типа КТ.

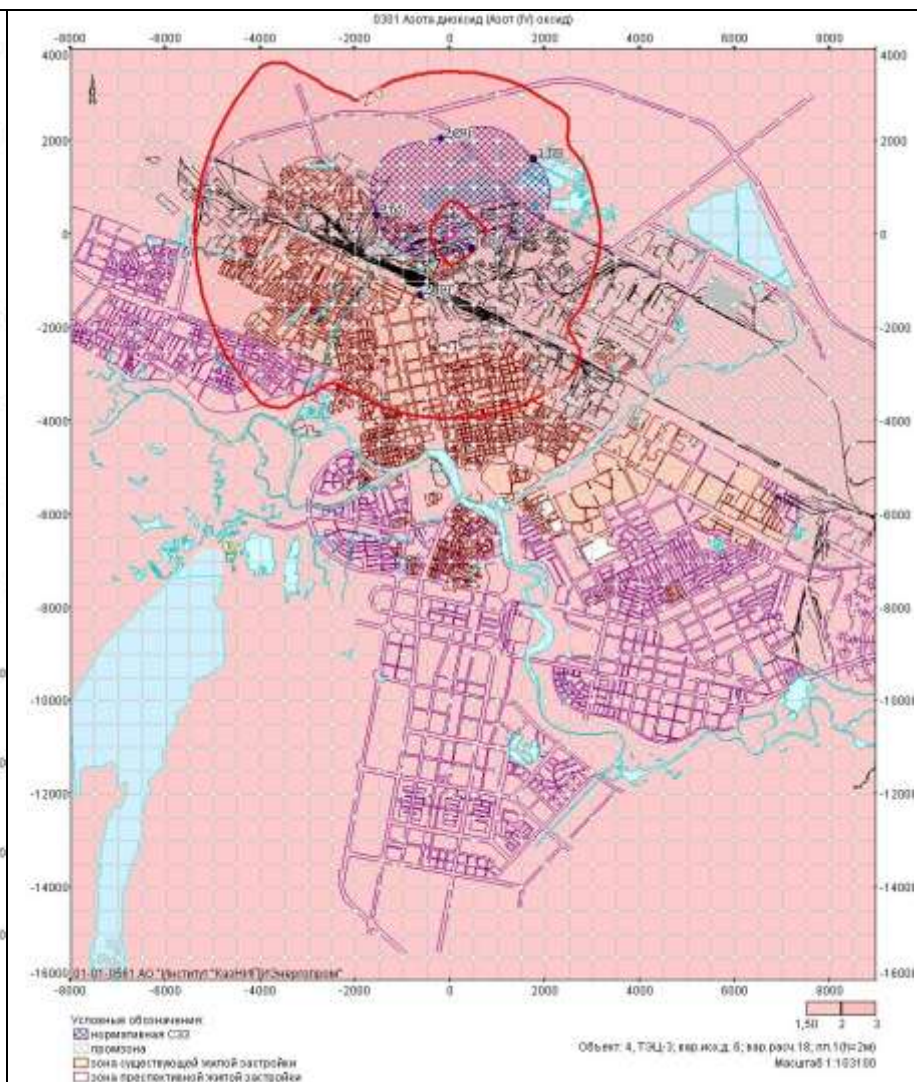
Из результатов анализа наглядно видно, новая технология сжигания твердого топлива в циркулирующем кипящем слое позволяет сократить выбросы загрязняющих веществ в результате деятельности теплопроизводящих предприятий.

Для анализа влияния выбросов на состояние ОС были произведены расчеты приземных концентраций загрязняющих веществ с учетом фонового загрязнения и вклада действующих ТЭЦ города Астаны.

Расчетный существующий уровень загрязнения атмосферного воздуха основными загрязняющими веществами с учетом вклада ТЭЦ-1 представлен на рисунках 4.3 и 4.4.



Расчетное загрязнение атмосферы выбросами взвешенных частиц (сумма взвешенных)



Расчетное загрязнение атмосферы выбросами NO<sub>2</sub>.

Рисунок 4.3. Расчетное загрязнение атмосферы (существующее положение).

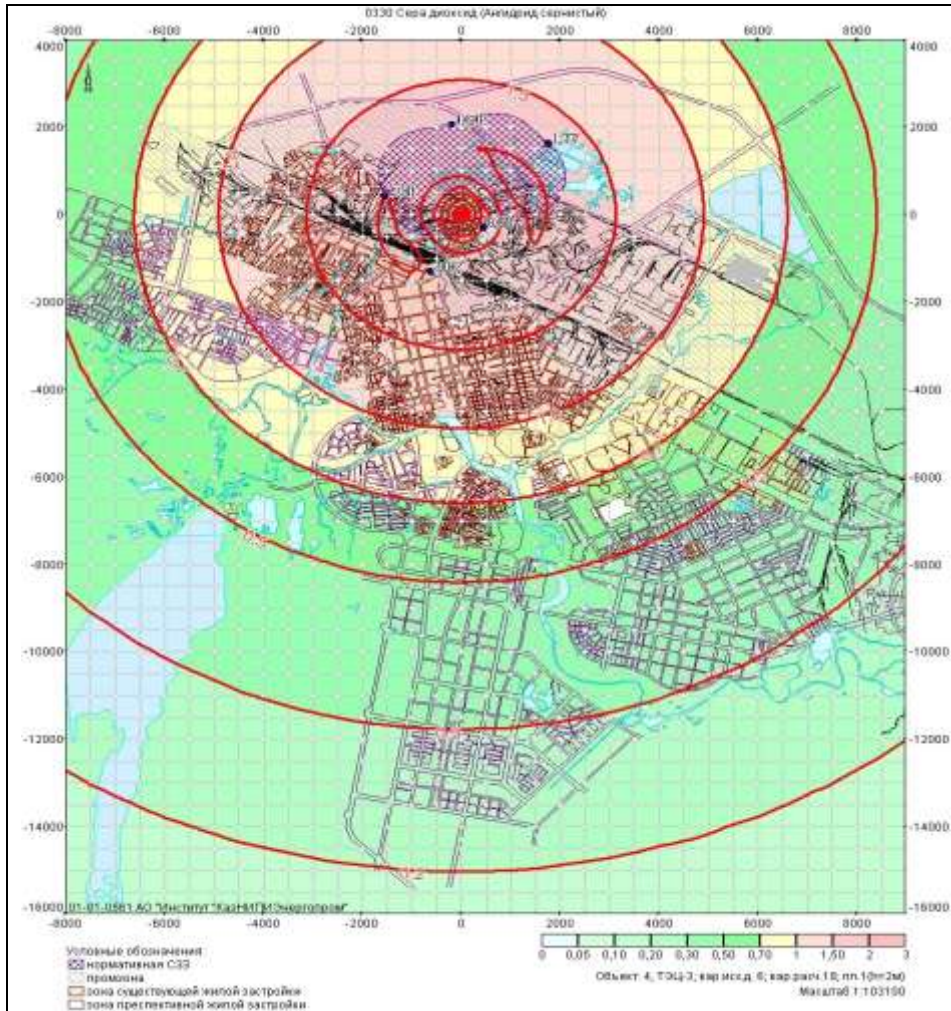
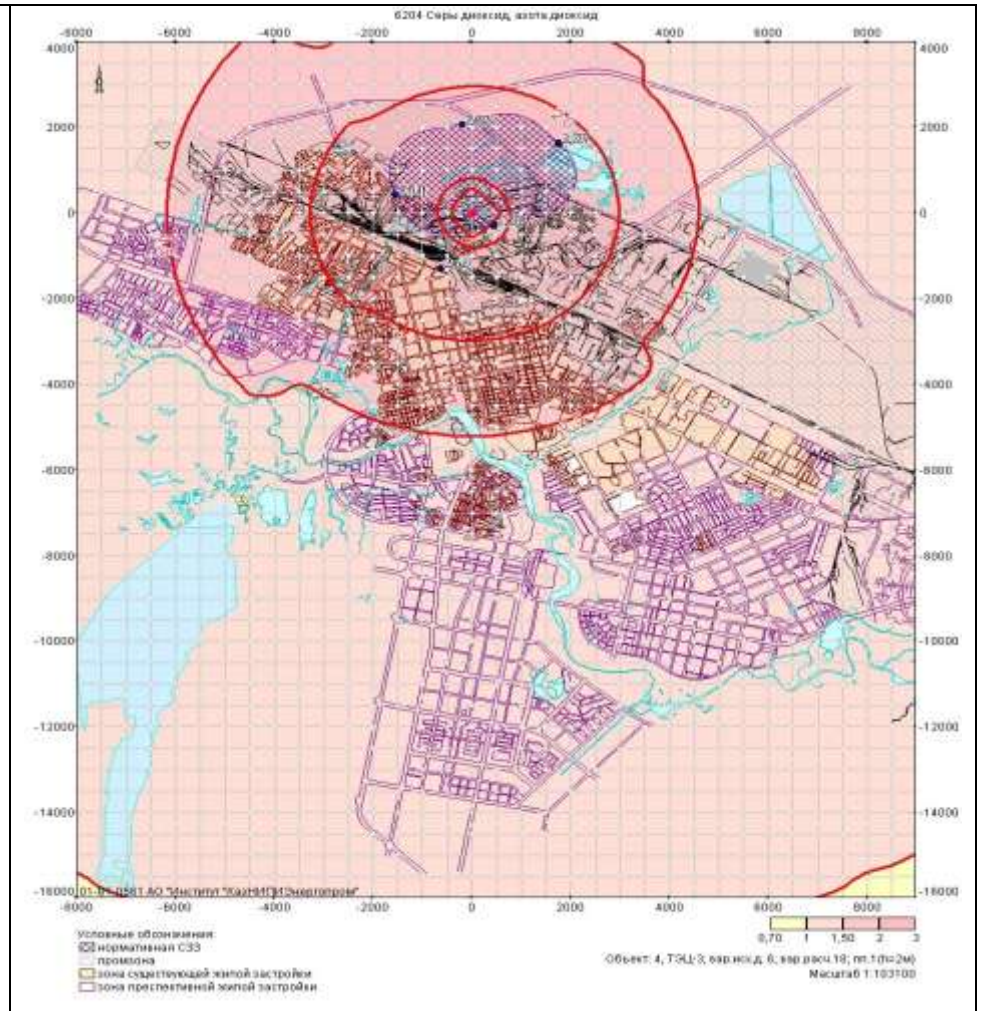


Рисунок 5.1.6. Расчетное загрязнение атмосферы выбросами SO<sub>2</sub>.



Расчетное загрязнение атмосферы. Группа суммации: SO<sub>2</sub> и NO<sub>2</sub>

Рисунок 4.4. Расчетное загрязнение атмосферы (существующее положение).

Из результатов оценки загрязняющих веществ видно, что с учетом вклада ТЭЦ наблюдается превышение ПДК, что негативно сказывается на здоровье населения.

Для анализа выбросов загрязняющих веществ от котла ЦКС и котла КТ были проведены расчеты приземных концентраций загрязняющих веществ. Расчеты представлены в Приложении 1 и Приложении 2.

Расчет рассеивания ЗВ произведен с учетом реконструкции действующего теплоисточника ТЭЦ-1.

Расчетный уровень загрязнения атмосферного воздуха в жилой зоне и на границе СЗЗ приведен в таблицах 4.15÷4.16 соответственно. В скобках указан вклад теплоисточников, в котором преобладает вклад ТЭЦ-1 – от 30 до 100% по различным веществам.

Таблица 4.17 - Расчетный уровень загрязнения атмосферного воздуха в жилой зоне ( в том числе вклад теплоисточников), доли ПДК.

Вещество	Существующее состояние	Ввод ТЭЦ-3 Котел КТ	Ввод ТЭЦ-3 Котел ЦКС
Диоксид азота (NO <sub>2</sub> )	2,49 (1,91)	0,84 (0,35)	0,73 (0,25)
Серы диоксид (SO <sub>2</sub> )	2,02 (2,01)	0,51(0,50)	0,50 (0,49)
Взвешенные вещества	2,03 (1,46)	0,46 (0,32)	0,46 (0,32)

Таблица 4.18 - Расчетный уровень загрязнения атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной зоны ТЭЦ-3 (в том числе вклад теплоисточников), доли ПДК.

Вещество	Существующее состояние	Ввод ТЭЦ-3 Котел КТ	Ввод ТЭЦ-3 Котел ЦКС
Диоксид азота (NO <sub>2</sub> )	2,65 (1,87)	0,84 (0,35)	0,67 (0,19)
Серы диоксид (SO <sub>2</sub> )	2,01 (2,00)	0,60 (0,59)	0,48 (0,45)
Взвешенные вещества	2,04 (1,42)	0,46 (0,32)	0,45 (0,31)

На рисунках 4.5÷4.9 приведены сравнительные прогнозные карты расчетного уровня загрязнения атмосферного воздуха г. Астаны выбросами при применении котла ЦКС и котла с традиционной технологией на новом теплоисточнике для основных загрязняющих веществ (с учетом фона).

По результатам расчетов рассеивания загрязняющих веществ установлено, что строительство нового теплоисточника – ТЭЦ-3 на базе комбинированной выработки электроэнергии с современной технологией сжигания топлива в циркулирующем кипящем слое при параллельной реконструкции ТЭЦ-1 позволит существенным образом снизить влияние на загрязнение атмосферного воздуха города: уровень загрязнения основными загрязняющими веществами в жилой зоне снижается более, чем втрое и обеспечивает концентрации меньше ПДК.

На границе санитарно-защитной зоны ТЭЦ-3 уровень загрязнения не превысит 0,7 ПДК.

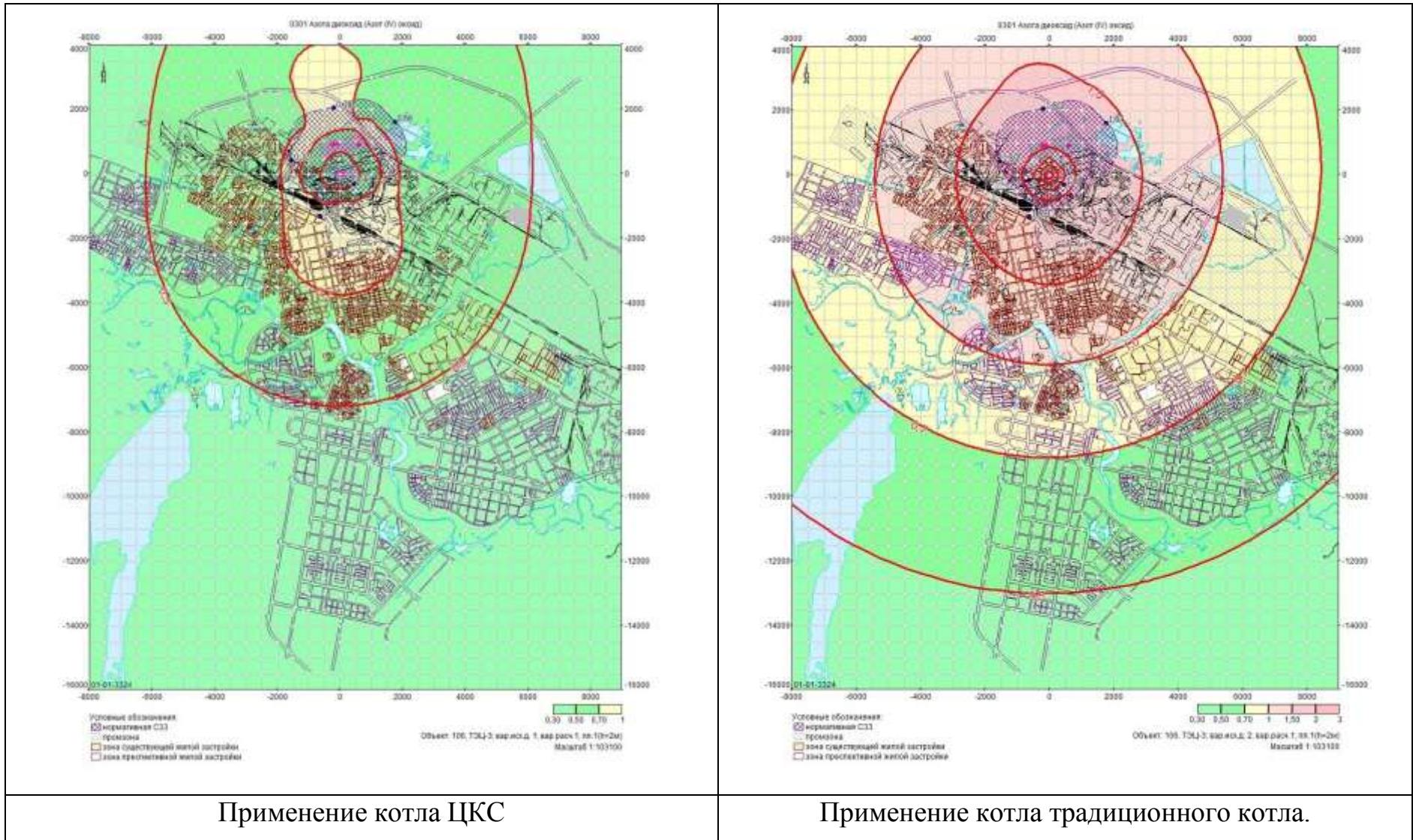
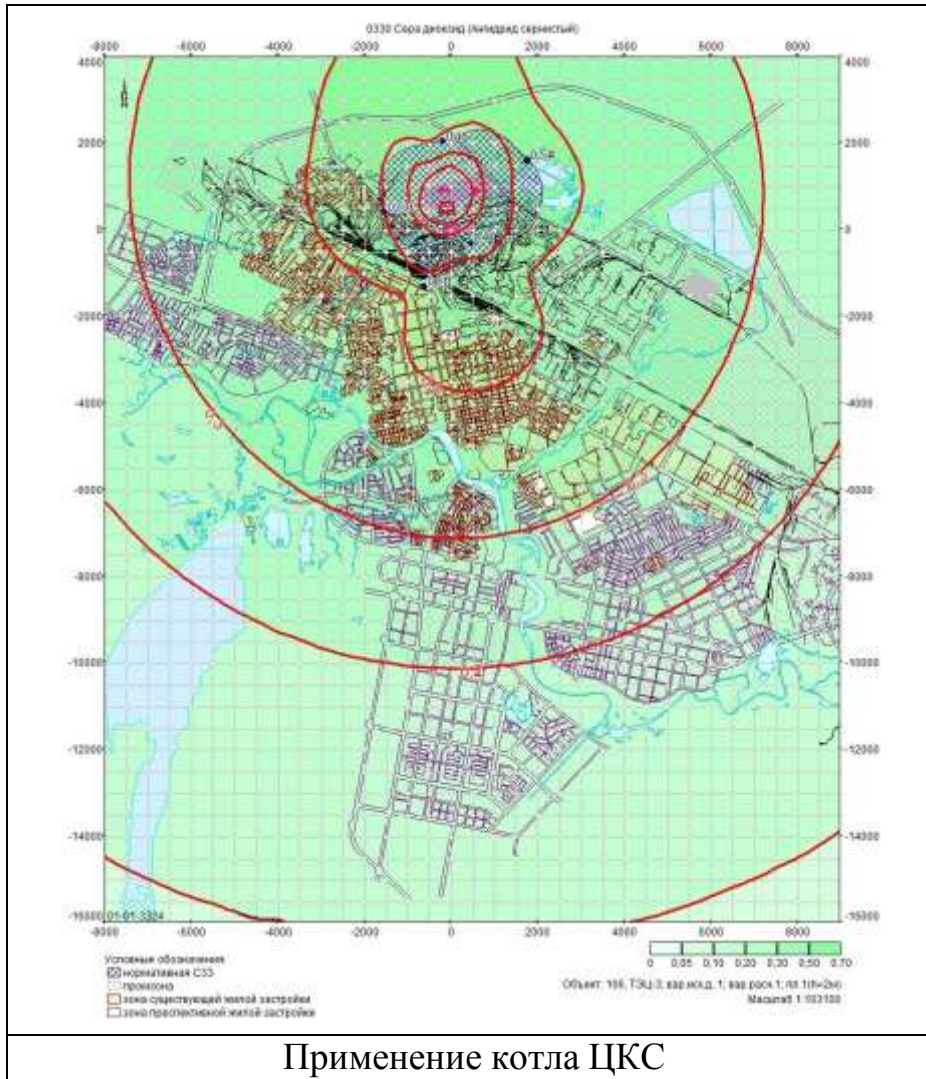
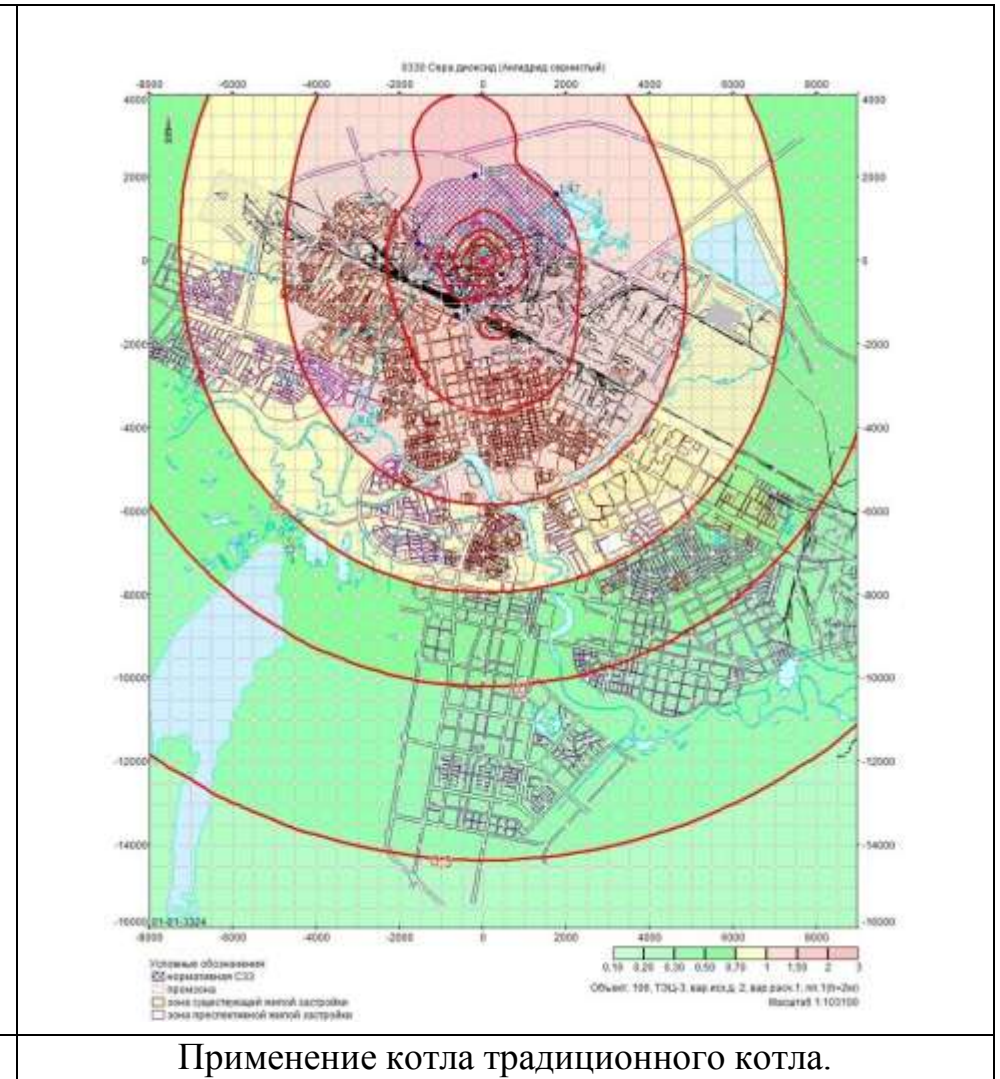


Рисунок 4.5. Расчетное загрязнение атмосферы выбросами NO<sub>2</sub>.

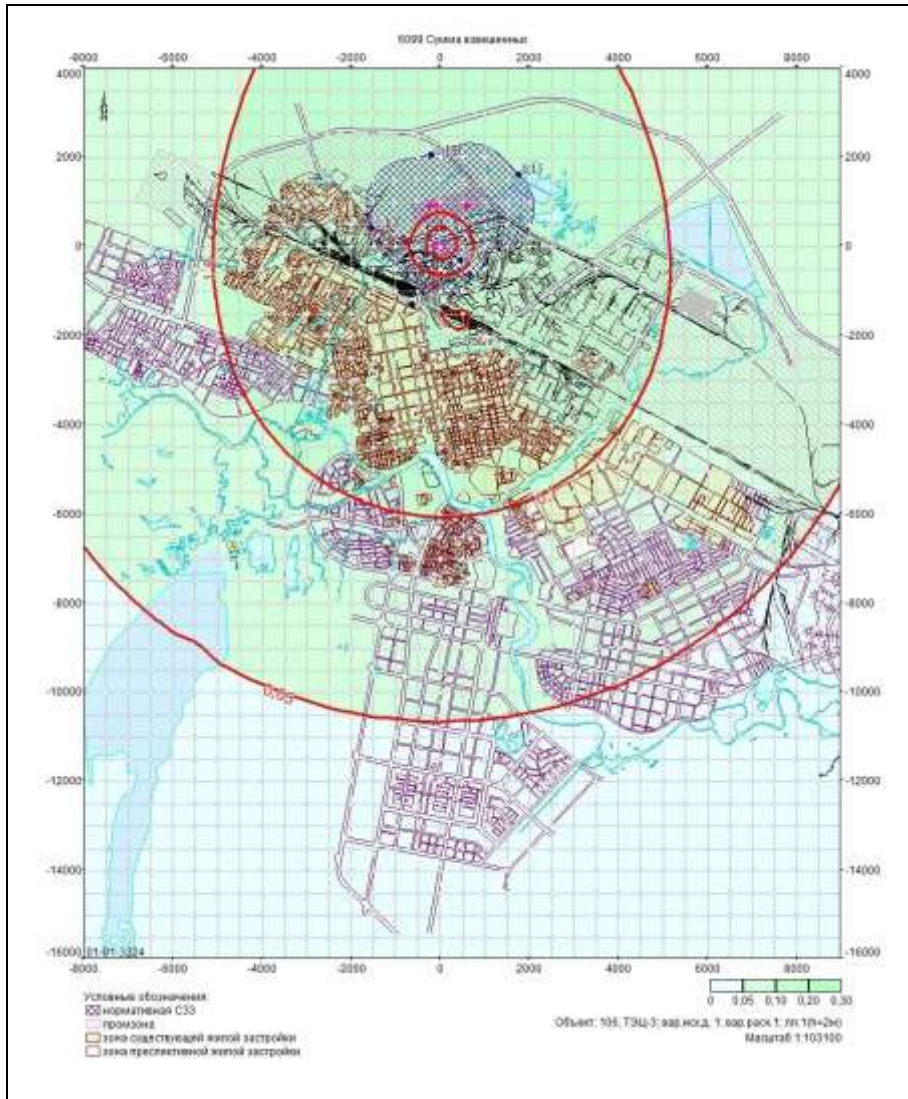


Применение котла ЦКС

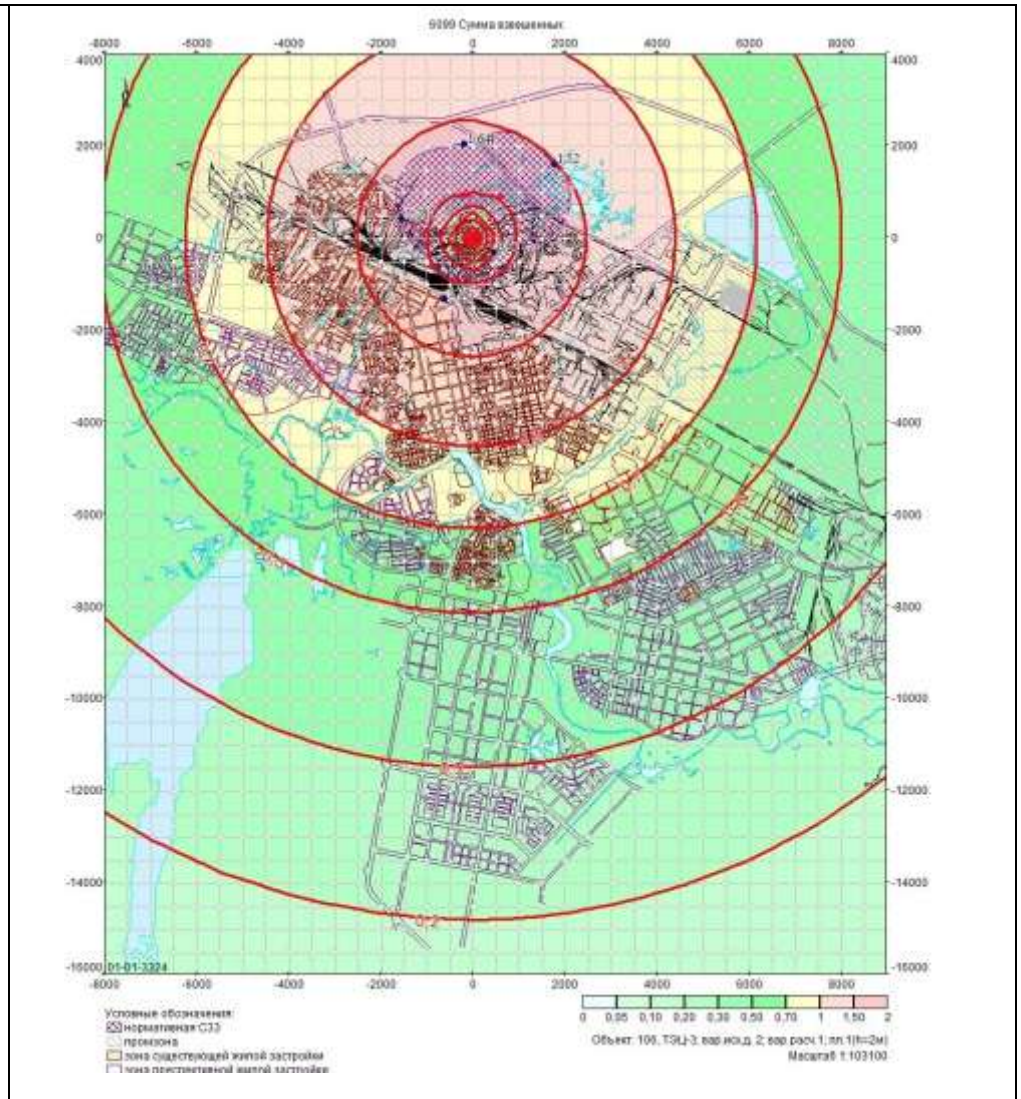


Применение котла традиционного котла.

Рисунок 4.6. Расчетное загрязнение атмосферы выбросами  $SO_2$

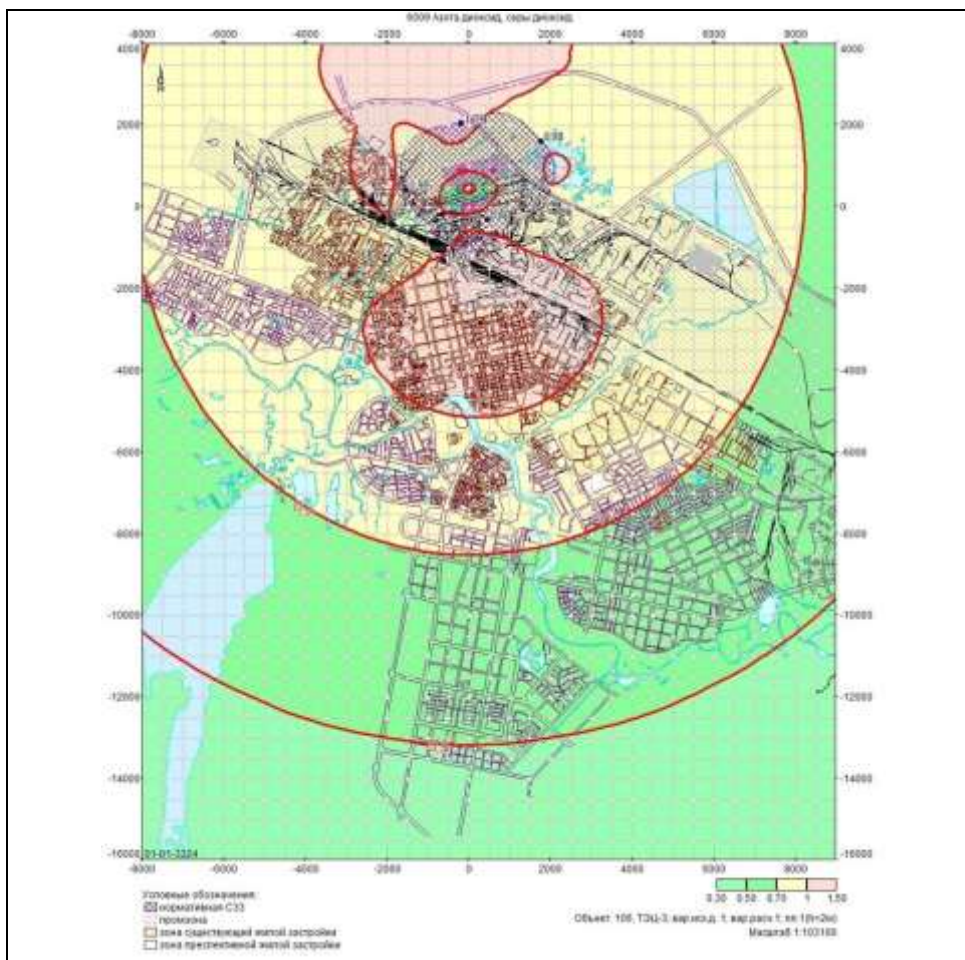


Применение котла ЦКС

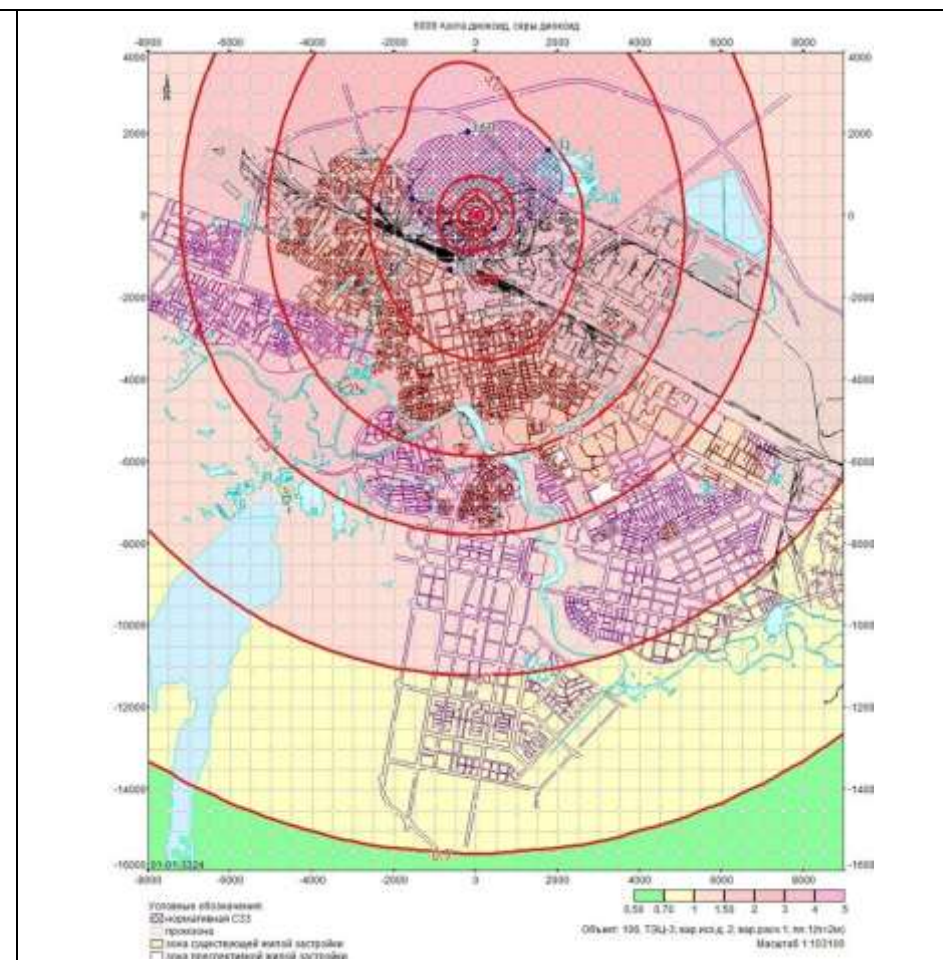


Применение котла традиционного котла.

Рисунок 4.7. Расчетное загрязнение атмосферы выбросами взвешенных частиц (сумма взвешенных).



Применение котла ЦКС



Применение котла традиционного котла.

Рисунок 4.8. Расчетное загрязнение атмосферы. Группа суммации: SO<sub>2</sub> и NO<sub>2</sub>.



Сравнительный анализ результатов исследования котельных агрегатов с технологией сжигания твердого топлива в циркулирующем кипящем слое и традиционными котельными агрегатами показал, что применение технологии ЦКС позволит значительно снизить уровень загрязнения загрязняющих веществ, вместе с тем обеспечить покрытие дефицита тепловой мощности, существующей на данный момент.

#### 4.3. Оценка уровня образования отходов при применении технологии ЦКС и факельном сжигании

Основным видом производственных отходов тепловых электрических станций являются золошлаковые отходы, образуемые при сжигании угля в котлах. Объем образования золошлаковых отходов составляет 99÷99,5 % от общего объема отходов.

Золошлаковые отходы представляют собой минеральный порошок от светло-серого до темно-серого цвета. Физические характеристики золошлаков сильно зависят от способа сжигания, места отбора проб и имеют значительный разброс параметров. Основная часть золошлаков по гранулометрическому составу относится к очень мелким фракциям. Основу золошлаковых отходов при пылеугольном сжигании составляют свободные и связанные в химические соединения оксиды различных металлов.

Основными составляющими золошлаков являются оксиды кремния и алюминия, суммарное содержание которых составляет до 99 %.

Содержание микроэлементов в золошлаковых отходах мало и составляет 0,01÷0,001 %.

Согласно Классификатору отходов, принятому в Казахстане [23] золошлаковые отходы отнесены к IV классу опасности, зеленому списку.

Зола из котлов для сжигания в ЦКС имеет иной состав, нежели зола из котлов для сжигания угольной пыли, так как она содержит материалы — производные известняка, добавляемого в топку; в основном, это CaO и CaSO<sub>3</sub>. Сравнительный анализ состава золы котлов для сжигания в ЦКС и пылеугольного котла представлен в таблице 4.17.

Таблица 4.19 - Главные компоненты золы-уноса от пылеугольного сжигания и золы слоя ЦКС.

Оксид, %	Зола-унос от пылеугольных котлов	Зола слоя ЦКС
Кремнезем	52,75	12,77
Оксид алюминия	22,94	5,25
Оксид железа	14,92	3,15
Известь	2,67	48,23
SO <sub>3</sub>	0,64	27,83

Объем образования золошлаковых отходов выполнен в соответствии с «Методикой расчета нормативов размещения золошлаковых отходов для котельных различной мощности, работающих на твердом топливе»[24] на основе материального баланса очистки.

Формулы для расчета объема золошлаковых отходов:

Расчет нормы образования отходов золы каменноугольной (N).

$$N = 0.01 * B * (a * A_p + q_4 * Q_t / 32680) * n \quad (4.17)$$

Где:

B - годовой расход топлива;

q<sub>4</sub> - потери с механическим недожогом ;

A<sub>p</sub> - зольность топлива;

Q<sub>t</sub> - теплота сгорания топлива;

a - доля золы, уносимой с газами;

n - коэффициент эффективности улавливания золы в золоуловителе (среднегодовой).

Расчет нормы образования отходов шлака каменноугольного

$$N = 0.01 * B * (a * A_p + q_4 * Q_t / 32680) * n \quad (4.18)$$

Расчет образования золошлаковых отходов пылеугольном котельном агрегата.

### 1. Зола ТЭЦ каменноугольная.

Исходные данные:

Годовой расход топлива (B): 1250000 [т/год],

Потери с механическим недожогом (q<sub>4</sub>): [%],

Зольность топлива (A<sub>p</sub>): 40,3 [%],

Теплота сгорания топлива (Q<sub>t</sub>): 16694 [кДж/кг],

Доля золы, уносимой с газами (a): 0,5;

Коэффициент эффективности улавливания золы в золоуловителе (среднегодовой) (n): 0,995.

Таблица 4.20– Расчет выбросов золы каменноугольной при сжигании угля в котле ЦКС.

	B, т/год	a	A <sub>p</sub> , %	q <sub>4</sub> , %	Q <sub>t</sub> , кДж/кг	n	N
E-550-ЦКС	1250000	0,5	40,3	2	16694	0,995	263322,7006
						Всего:	263322,7006

### 2. Шлак каменноугольный

Исходные данные:

Годовой расход топлива (B): 1250000 [т/год],

Потери с механическим недожогом ( $q_4$ ): 2 [%],  
 Зольность топлива ( $A_p$ ): 40,3 [%],  
 Теплота сгорания топлива ( $Q_t$ ): 16694 [кДж/кг],  
 Доля золы, уносимой с газами ( $a$ );

Таблица 4.21 – Расчет выбросов шлака каменноугольного при сжигании угля в котле ЦКС.

	<b>B, т/год</b>	<b>a</b>	<b>A<sub>p</sub>, %</b>	<b>q<sub>4</sub>, %</b>	<b>Q<sub>t</sub>, кДж/кг</b>	<b>n</b>	<b>N</b>
E-550-560ЦКС	1250000	0,5	40,3	2	16694	0,995	239104,0698
						Всего:	239104,0698

### 3. Отходы сероочистки

Норма образования отходов сероочистки 10% от выхода золы 26332,27 т/год (баланс сероочистки).

Итого: золошлаковых отходов с сероочисткой 528 759,0404 т/год.

Выход золошлаковых отходов при сжигании угля в котлах ЦКС составляет 528 759,04 т/год.

Расчет образования золошлаковых отходов котельного агрегата ЦКС.

#### 1. Зола ТЭЦ каменноугольная.

Исходные данные:

Годовой расход топлива ( $B$ ): 1374000 [т/год],  
 Потери с механическим недожогом ( $q_4$ ): 2 [%],  
 Зольность топлива ( $A_p$ ): 40,3 [%],  
 Теплота сгорания топлива ( $Q_t$ ): 16694 [кДж/кг],  
 Доля золы, уносимой с газами ( $a$ ): 0,5;  
 Коэффициент эффективности улавливания золы в золоуловителе (среднегодовой) ( $n$ ): 0,995.

Таблица 4.20 – Расчет выбросов золы каменноугольной при сжигании угля в котле КТ.

	<b>B, т/год</b>	<b>a</b>	<b>A<sub>p</sub>, %</b>	<b>q<sub>4</sub>, %</b>	<b>Q<sub>t</sub>, кДж/кг</b>	<b>n</b>	<b>N</b>
E-550-КТ	1374000	0,95	40,3	2	16694	0,995	537373,338
						Всего:	537373,338

### 2. Шлак каменноугольный

Исходные данные:

Годовой расход топлива ( $B$ ): 1374000 [т/год],  
 Потери с механическим недожогом ( $q_4$ ): 2 [%],  
 Зольность топлива ( $A_p$ ): 40,3 [%],  
 Теплота сгорания топлива ( $Q_t$ ): 16694 [кДж/кг],  
 Доля золы, уносимой с газами ( $a$ );

Таблица 4.21 – Расчет выбросов шлака каменноугольного при сжигании угля в котле КТ.

	<b>В, т/год</b>	<b>a</b>	<b>Ap, %</b>	<b>q4, %</b>	<b>Qt, кДж/кг</b>	<b>n</b>	<b>N</b>
Е-550-13,8-560ЦКС	1374000	0,95	40,3	2	16694	0,995	13648,29349
Всего:							13648,29349

### 3. Отходы сероочистки

Норма образования отходов сероочистки 10% от выхода золы 5373,7334 т/год (баланс сероочистки).

Итого: золошлаковых отходов с сероочисткой 604 759,9653 т/год. Выход золошлаковых отходов при сжигании угля в котлах ЦКС составляет 604 759,97 т/год.

Анализ объемов образования золошлаковых отходов при сжигании твердого топлива представлен в таблице 4.22 и на рисунке 4.9. Объем образования золошлаковых отходов котла ЦКС на 12,5 % ниже, чем выход золошлаков от пылеугольных котла.

Таблица 4.22 – Объемы образования золошлаковых отходов для котлов ЦКС и КТ.

<b>Вид котла</b>	<b>Объем образования золошлаков, тыс.т/год</b>
Котлы ЦКС	528 759,0404
Котел КТ	604 759,9753

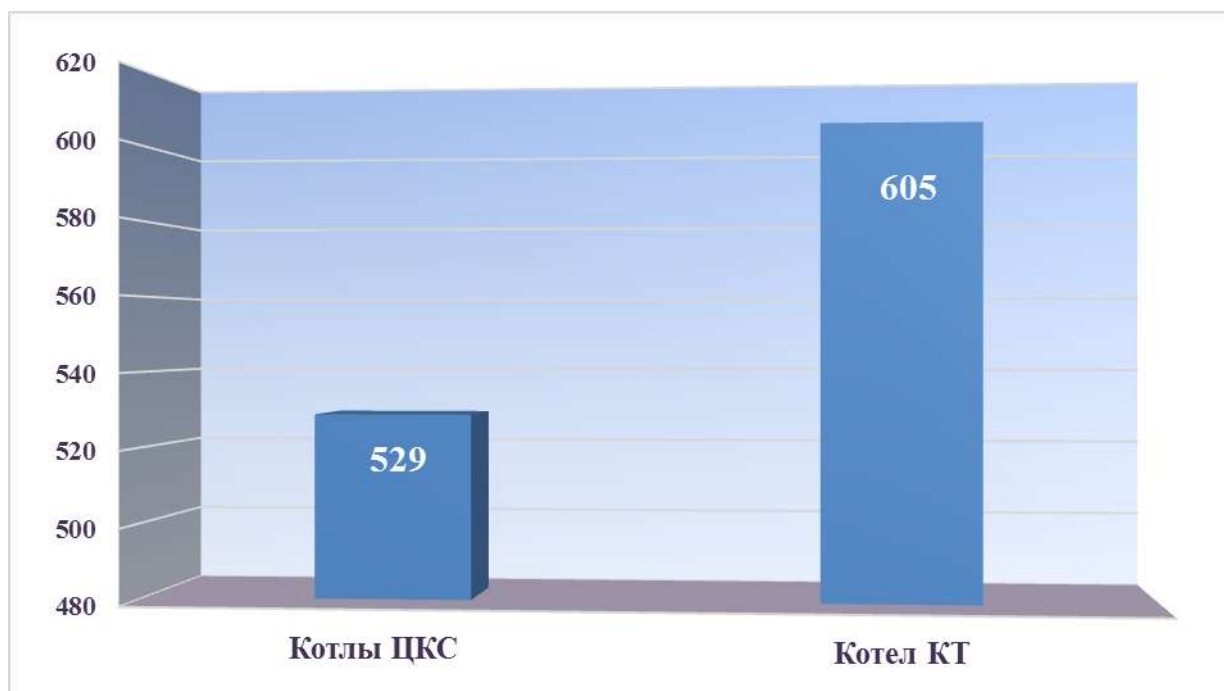


Рисунок 4.9. Объемы образования золошлаковых отходов для котлов ЦКС и КТ, тыс. т/год.

Снижение объемов образования золошлаковых отходов позволит сократить количество отводимых территорий для строительства золоотвалов. Также позволит сократить и оптимизировать расходы на природоохранные мероприятия, связанные со складированием данного вида отходов.

**Вывод по главе:**

– Результаты исследования влияния котла с технологией сжигания твердого топлива в циркулирующем кипящем слое и традиционным пылеугольным котлом показали, что показатели влияния котлов ЦКС компоненты окружающей среды значительно ниже аналогичных показателей пылеугольных котлов такой же мощности;

– Максимально-разовые и годовые выбросы загрязняющих веществ ниже на 23 % и 20 % соответственно; объем образования золошлаковых отходов ниже на 12,5 %. Аналитическое исследование выбросов показало, что значения концентраций основных загрязняющих веществ соответствует требованиям законодательства Казахстана;

– Полученные данные свидетельствуют о высоких экологических параметрах котлов ЦКС. Применение новой технологии может значительно снизить влияние теплопроизводящих предприятий на окружающую среду. Технология сжигания топлива в циркуляционном кипящем слое рекомендуется к применению для нового теплоисточника г. Астаны.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с поставленными целью и задачами, в работе был проведен анализ влияния тепловых электрических станций на окружающую среду, анализ существующего состояния окружающей среды г. Астаны, исследована технология сжигания твердого топлива в циркулирующем кипящем слое, изучена возможность применения котельных агрегатов ЦКС в условиях г. Астаны на новом теплоисточнике столицы.

Анализ влияния тепловых электрических станций на окружающую среду показал, что:

– по мере бурного развития промышленности значительно увеличивается антропогенное воздействие на окружающую среду. Для оценки степени опасности отраслей промышленности на окружающую среду была создана классификация, учитывающая параметры токсичности сбросов и выбросов;

– одним из основных источников антропогенного загрязнения окружающей среды согласно данной классификации является энергетическая отрасль. Основным производителем тепловой и электрической энергии являются угольные тепловые электрические станции. ТЭС выбрасывают 20÷30 % загрязняющих веществ;

– основными загрязняющими веществами, выбрасываемыми ТЭС являются окислы азота, окислы серы, окислы углерода, пыль и зола, также бенз(а)пирен;

– для снижения влияния тепловых станций на окружающую среду предусматриваются ряд технических мероприятий, включающий переход на нетрадиционную энергетику; замена сырья теми его видами, при сгорании которых образуется меньшее количество вредных веществ; внедрение очистных сооружений; изменение технологии производства. Поскольку переход на нетрадиционную энергетику на данный момент не может покрыть потребность в тепловой и электрической энергии, а замена сырья на менее токсичные не всегда возможно и экономически целесообразна, актуальным является вопрос поиска новых методов и технологий сжигания твердого топлива. Одной из наиболее перспективных технологий сжигания твердого топлива является технология сжигания в циркулирующем кипящем слое.

Исследование существующего состояния окружающей среды показало, что:

– г. Астана является самым быстрорастущим городом Казахстана. Климат города характеризуются как резко континентальный, засушливый. С характерной долгой зимой и жарким летом. В связи со значительными темпами развития наблюдается рост загрязнения атмосферного воздуха города последние десять лет. По данным РГП «Казгидромет» в 2016 году, уровень загрязнения атмосферного воздуха столицы оценивается как *высокий*;

- основные загрязняющие вещества, по которым наблюдается превышение ПДК: пыль и диоксид азота;

- рельеф города характеризуется отсутствием заметных уклонов и отчетливо выраженных форм. Территория предполагаемого строительства нового теплоисточника представляет собой невозделанную степь с полынно-злаковой растительностью;

- животный мир представлен видами, характерными для городской среды (птицы и насекомые);

- социальная сфера характеризуется достаточным уровнем развития.

В г. Астане на данный момент существует два основных источника теплоснабжения ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2. В связи с ростом населения города, превышающим прогнозы, наблюдается дефицит тепловых мощностей, что приводит к использованию систем децентрализованного теплоснабжения, которые, в свою очередь, не всегда соответствуют экологическим требованиям. Строительство нового теплоисточника является одной из приоритетных задач города.

В результате исследования технологии сжигания твердого топлива в циркулирующем кипящем слое установлено:

- в ЦКС эффективно сжигаются некачественные топлива: угли с большим содержанием породы, который в ЦКС играет роль циркулирующего наполнителя слоя; угли с высоким содержанием золы и влаги, а также трудно зажигаемые топлива (с малым выходом летучих легковоспламеняющихся газов);

- одним и том же котле можно сжигать топливо разного и меняющегося качества;

- перед подачей в топку ЦКС топливо не требует мелкого размола (достаточно дробление), что исключает необходимость в угольных мельницах и улучшает экологическую обстановку на ТЭС. Также одним из основных преимуществ применения данной технологии является отсутствие отдельных серо- и азотоочистки (в котлах с ЦКС они органически встроены в процесс горения) обеспечивает компактность этих котлов, не требую дополнительных капитальных затрат на азото- и сероочистные сооружения;

- котлы с технологией ЦКС предоставляют возможность сжигания смешанного топлива;

- обладают высокой надежностью и простой конструкцией.

Наиболее важным преимуществом технологии ЦКС является то, что котельные агрегаты ЦКС отвечают самым жестоким нормам по выбросам, как в мире, так и в Казахстане.

Для исследования возможности применения котельных агрегатов технологией сжигания топлива в циркулирующем кипящем слое было проведено сравнение его экологических параметров с аналогичными параметрами традиционного пылеугольного котельного агрегата.

Для теоретического исследования влияния котельных агрегатов на атмосферный воздух был разработан алгоритм процесса. Данный алгоритм включает следующие этапы: ввод исходных данных, расчет выбросов загрязняющих веществ, получение результатов расчета, расчет приземных концентраций загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы, моделирование карт рассеивания загрязняющих веществ. Также было проведено исследование объемов образования отходов от двух видов котельных агрегатов.

В результате исследования установлено:

- что показатели влияния котлов ЦКС на компоненты окружающей среды значительно ниже аналогичных показателей пылеугольных котлов такой же мощности;

– максимально-разовые выбросы загрязняющих веществ от котла ЦКС ниже на 23% выбросов пылеугольного котла;

– годовые выбросы загрязняющих веществ ниже на 20 %;

– аналитическое исследование выбросов показало, что значения концентраций основных загрязняющих веществ соответствует требованиям законодательства Казахстана. Прогнозные приземные концентрации основных загрязняющих веществ на границе ближайшей селитебной зоны и санитарно-защитной зоны соответствуют требованиям санитарным правилам «Санитарно-эпидемиологическим требованиям к атмосферному воздуху в городских и сельских населенных пунктах, почвам и их безопасности, содержанию территорий городских и сельских населенных пунктов, условиям работы с источниками физических факторов, оказывающих воздействие на человека», принятым в Республике Казахстан. При применении котлов ЦКС прогнозные концентрации соответствуют уровню 0,7 ПДК на границе санитарно-защитной зоны. Аналогичный показатель применения пылеугольных котлов выше на 13 %.

– объем образования золошлаковых отходов котла ЦКС ниже на 12,5 % аналогичного показателя при применении традиционной технологии сжигания топлива. Снижение объемов образования золошлаковых отходов позволит сократить количество отводимых территорий для строительства золоотвалов. Также позволит сократить и оптимизировать расходы на природоохранные мероприятия, связанные со складированием данного вида отходов.

Полученные данные свидетельствуют о соответствии котлов ЦКС всем экологическим требованиям. Применение новой технологии может значительно снизить влияние теплопроизводящих предприятий на окружающую среду. Технология сжигания топлива в циркуляционном кипящем слое рекомендуется к применению для нового теплоисточника г. Астаны.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Краецкая О.Ф., Прокопеня И.Н. Экология теплоэнергетики. Учебно-методический комплекс. — Минск: Белорусский национальный технический университет, 2014. — 107 с.
2. Рихтер Л. А., Волков Э.П., Покровский В.Н. Охрана водного и воздушного бассейнов от выбросов тепловых электростанций. — Москва: Энергоиздат, 1981. — 295 с.
3. Мельников А.А. Проблемы окружающей среды и стратегия ее сохранения. — М: Академ.проект, 2009. — 724 с.
4. Каренов Р.С. Эколого-экономические проблемы деятельности предприятий горно-металлургического комплекса Республики Казахстан. — Караганда: Вестник КарГУ, 2011. — 366 с.
5. Уманец В.Н., Бугаева Г.Г., Завалишин В.С. и др. Перспективы освоения техногенных месторождений Казахстана // Научно-техническое обеспечение горного производства: Сб. науч. тр. ИГД им. Д.А.Кунаева. — Алматы: ИГД им. Д.А.Кунаева, 2002 — 160 с.
6. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции: Учебник для теплоэнерг. спец. вузов. — М.-Л.: Энергия, 1976 — 400 с.
7. Гальперин М. В. Г15 Экологические основы природопользования: Учебник. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2003 — 256 с.
8. Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования к атмосферному воздуху в городских и сельских населенных пунктах, почвам и их безопасности, содержанию территорий городских и сельских населенных пунктов, условиям работы с источниками физических факторов, оказывающих воздействие на человека». Утверждены Постановлением Правительства РК от 25 февраля 2015 г. № 168.
9. Бондаренко В.И., Варламов Г.Б., Вольчин И.А. и др. Энергетика: история, настоящее и будущее. — К.: ООО «Редакция «Энергетика: история, настоящее и будущее», 2005. — 304 с.
10. СНиП РК 2.01-01-82. Строительная климатология и геофизика.
11. СНиП РК 2.04-01-2010. Строительная климатология.
12. СН РК 2.04-21-2004. «Энергопотребление и тепловая защита гражданских зданий».
13. Информационные бюллетени о состоянии окружающей среды Республики Казахстан за 2016 год. РГП «Казгидромет».
14. Программа развития города Астаны на 2016-2020 годы, Г. АСТАНА, 2015 год.
15. Долгушин И. А. Исследование и совершенствование схемы ТЭС с котлом ЦКС для повышения эффективности и улучшения экологических показателей: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Москва, 2014. — 166 с.
16. Локвуд Тоби. Техничко-экономический анализ технологии сжигания угольной пыли (УП) в сравнении с технологией сжигания в

циркулирующем псевдоожигенном слое (ЦПС). - Авторское право © Центр по изучению экологически чистого угля МАЭ (Международного агентства по энергетике), 2013 г. – 69 с.

17. Рябов Г.А., Надыров И.И. Сжигание угля в кипящем слое: Сборник научных статей: Развитие технологий подготовки и сжигания топлива на электростанциях. М.: ВТИ: 1996.

18. Технический регламент «Требования к эмиссиям в окружающую среду при сжигании различных видов топлива в котельных установках тепловых электрических станций». Утвержден Постановлением Правительства РК от 14 декабря 2007 г. № 1232.

19. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. - Санкт-Петербург: ОАО «НИИ Атмосфера», , 2014 г. – 82 с.

20. Кузнецов Н.В. и др. Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод). - Москва, 1973 г. -296 с.

21. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для тепловых электростанций и котельных. Утверждена Приказом Министра окружающей среды и водных ресурсов Республики Казахстан от 12 июня 2014 года № 221-Ө.

22. Методика расчета концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе от выбросов предприятий. Утверждена Приказом Министра окружающей среды и водных ресурсов Республики Казахстан от 12 июня 2014 года № 221-Ө.

23. «Приказ Министра охраны окружающей среды РК от 31 мая 2007 года №169-п «Об утверждении Классификатора отходов».

24. Методика расчета нормативов размещения золошлаковых отходов для котельных различной мощности, работающих на твердом топливе. Утверждена Приказом Министра окружающей среды и водных ресурсов Республики Казахстан от 12 июня 2014 года № 221-Ө.

**Расчет рассеивания загрязняющих веществ,  
выбрасываемых котлом ЦКС**

## Предприятие номер 106; ТЭЦ-3

Город Астана

Вариант исходных данных: 1, Применение котла ЦКС

Вариант расчета: ЦКС

Расчет проведен на зиму

Расчетный модуль: "ОНД-86 стандартный"

Расчетные константы:  $E1=0,01$ ,  $E2=0,01$ ,  $E3=0,01$ ,  $S=999999,99$  кв.км.

### Метеорологические параметры

Средняя температура наружного воздуха самого жаркого месяца	27° С
Средняя температура наружного воздуха самого холодного месяца	-16,7° С
Коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы А	200
Максимальная скорость ветра в данной местности (повторяемость превышения в пределах 5%)	8,5 м/с

### Структура предприятия (площадки, цеха)

Номер	Наименование площадки (цеха)
1	ТЭЦ-1
0	
2	ТЭЦ-3
0	

## Параметры источников выбросов

Учет:

"%" - источник учитывается с исключением из фона;  
 "+" - источник учитывается без исключения из фона;  
 "-" - источник не учитывается и его вклад исключается из фона.  
 При отсутствии отметок источник не учитывается.

Типы источников:

- 1 - точечный;
- 2 - линейный;
- 3 - неорганизованный;
- 4 - совокупность точечных, объединенных для расчета в один площадной;
- 5 - неорганизованный с нестационарной по времени мощностью выброса;
- 6 - точечный, с зонтом или горизонтальным направлением выброса;
- 7 - совокупность точечных с зонтами или горизонтальным направлением выброса;
- 8 - автомагистраль.

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)	Козф. рел.	Коорд. X1-ос. (м)	Коорд. Y1-ос. (м)	Коорд. X2-ос. (м)	Коорд. Y2-ос. (м)	Ширина источ. (м)
+	1	0	1	Труба дымовая №3	1	1	100,0	4,00	57,05132	4,54	65	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
Код в-ва		Наименование вещества		Выброс, (г/с)	Выброс, (т/г)		F	Лето:	См/ПДК	Xm	Um	Зима:	См/ПДК	Xm	Um		
	0301		Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	31,3485670	0,0000000		1	0,268	1 048,1	1,8	0,218	1 210,2	2,4				
	0304		Азот (II) оксид (Азота оксид)	31,3485670	0,0000000		1	0,022	1 048,1	1,8	0,018	1 210,2	2,4				
	0330		Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	31,3485670	0,0000000		1	0,014	1 048,1	1,8	0,011	1 210,2	2,4				
	0337		Углерод оксид	31,3485670	0,0000000		1	0,011	1 048,1	1,8	0,009	1 210,2	2,4				
	2904		Мазутная зола теплоэлектростанций (в пересчете на ванадий)	31,3485670	0,0000000		1	0,055	1 048,1	1,8	0,045	1 210,2	2,4				
+	1	0	2	Труба дымовая №2	1	1	120,0	3,00	120	16,97653	165	1,0	-220,0	950,0	-220,0	950,0	0,00
Код в-ва		Наименование вещества		Выброс, (г/с)	Выброс, (т/г)		F	Лето:	См/ПДК	Xm	Um	Зима:	См/ПДК	Xm	Um		
	0301		Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	31,3485670	0,0000000		1	0,113	1 866,1	3,6	0,106	1 923,7	3,9				
	0304		Азот (II) оксид (Азота оксид)	31,3485670	0,0000000		1	0,009	1 866,1	3,6	0,009	1 923,7	3,9				
	0328		Углерод (Сажа)	31,3485670	0,0000000		1	0,001	1 866,1	3,6	0,001	1 923,7	3,9				
	0330		Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	31,3485670	0,0000000		1	0,319	1 866,1	3,6	0,301	1 923,7	3,9				
	0337		Углерод оксид	31,3485670	0,0000000		1	0,005	1 866,1	3,6	0,005	1 923,7	3,9				
	0703		Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	31,3485670	0,0000000		1	0,002	1 866,1	3,6	0,002	1 923,7	3,9				
	2908		Пыль неорганическая: 70-20% SiO2	31,3485670	0,0000000		1	0,025	1 866,1	3,6	0,024	1 923,7	3,9				
+	1	0	3	Труба дымовая №3	1	1	120,0	4,80	82,1539	4,54	160	1,0	-73,5	32,1	-73,5	32,1	0,00
Код в-ва		Наименование вещества		Выброс, (г/с)	Выброс, (т/г)		F	Лето:	См/ПДК	Xm	Um	Зима:	См/ПДК	Xm	Um		
	0301		Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	31,3485670	0,0000000		1	0,120	1 586,2	3	0,111	1 649	3,3				
	0304		Азот (II) оксид (Азота оксид)	31,3485670	0,0000000		1	0,010	1 586,2	3	0,009	1 649	3,3				
	0330		Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	31,3485670	0,0000000		1	0,006	1 586,2	3	0,006	1 649	3,3				
	0337		Углерод оксид	31,3485670	0,0000000		1	0,005	1 586,2	3	0,005	1 649	3,3				
	2904		Мазутная зола теплоэлектростанций (в пересчете на ванадий)	31,3485670	0,0000000		1	0,025	1 586,2	3	0,023	1 649	3,3				
+	1	0	6	Труба дымовая №2	1	1	120,0	5,00	135,0547	6,87828	95,2	1,0	51,7	18,8	51,7	18,8	0,00
Код в-ва		Наименование вещества		Выброс, (г/с)	Выброс, (т/г)		F	Лето:	См/ПДК	Xm	Um	Зима:	См/ПДК	Xm	Um		
	0301		Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	31,3485670	0,0000000		1	0,196	1 639,3	2,9	0,174	1 740,2	3,4				
	0304		Азот (II) оксид (Азота оксид)	31,3485670	0,0000000		1	0,016	1 639,3	2,9	0,014	1 740,2	3,4				
	0330		Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	31,3485670	0,0000000		1	0,178	1 639,3	2,9	0,158	1 740,2	3,4				
	0337		Углерод оксид	31,3485670	0,0000000		1	0,008	1 639,3	2,9	0,007	1 740,2	3,4				
	2908		Пыль неорганическая: 70-20% SiO2	31,3485670	0,0000000		1	0,124	1 639,3	2,9	0,111	1 740,2	3,4				
+	2	0	1	Труба дымовая №1	1	1	120,0	3,00	212,4230	30,05171	156	1,0	-60,0	960,0	-60,0	960,0	0,00

Код в-ва	Наименование вещества	Выброс, (г/с)	Выброс, (т/г)	F	Лето:	См/ПДК	Xm	Um	Зима:	См/ПДК	Xm	Um					
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	31,3485670	0,0000000	1		0,094	2 206	4,5		0,089	2 264,2	4,9					
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	31,3485670	0,0000000	1		0,008	2 206	4,5		0,007	2 264,2	4,9					
0328	Углерод (Сажа)	31,3485670	0,0000000	1		0,000	2 206	4,5		0,000	2 264,2	4,9					
0330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	31,3485670	0,0000000	1		0,261	2 206	4,5		0,248	2 264,2	4,9					
0337	Углерод оксид	31,3485670	0,0000000	1		0,004	2 206	4,5		0,003	2 264,2	4,9					
0703	Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	31,3485670	0,0000000	1		0,001	2 206	4,5		0,001	2 264,2	4,9					
2908	Пыль неорганическая: 70-20% SiO2	31,3485670	0,0000000	1		0,024	2 206	4,5		0,023	2 264,2	4,9					
+	2	0	19	Труба дымовая №3 (ТЭЦ-3 550 ЦКС)	1	1	148,0	5,20	507,4833 3	23,896	120	1,0	570,0	950,0	570,0	950,0	0,00

Код в-ва	Наименование вещества	Выброс, (г/с)	Выброс, (т/г)	F	Лето:	См/ПДК	Xm	Um	Зима:	См/ПДК	Xm	Um
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	31,3485670	0,0000000	1		0,055	2 876,3	5,1		0,052	2 977,9	5,7
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	31,3485670	0,0000000	1		0,005	2 876,3	5,1		0,004	2 977,9	5,7
0328	Углерод (Сажа)	31,3485670	0,0000000	1		0,005	2 876,3	5,1		0,005	2 977,9	5,7
0330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	31,3485670	0,0000000	1		0,028	2 876,3	5,1		0,026	2 977,9	5,7
0337	Углерод оксид	31,3485670	0,0000000	1		0,001	2 876,3	5,1		0,001	2 977,9	5,7
0703	Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	31,3485670	0,0000000	1		0,002	2 876,3	5,1		0,002	2 977,9	5,7
2908	Пыль неорганическая: 70-20% SiO2	31,3485670	0,0000000	1		0,010	2 876,3	5,1		0,009	2 977,9	5,7

## Выбросы источников по веществам

Учет:

"%" - источник учитывается с исключением из фона;  
 "+" - источник учитывается без исключения из фона;  
 "-" - источник не учитывается и его вклад исключается из фона.  
 При отсутствии отметок источник не учитывается.

Источники, помеченные к учету знаком «-» или непомеченные («»), в общей сумме не учитываются

Типы источников:

1 - точечный;  
 2 - линейный;  
 3 - неорганизованный;  
 4 - совокупность точечных, объединенных для расчета в один площадной;  
 5 - неорганизованный с нестационарной по времени мощностью выброса;  
 6 - точечный, с зонтом или горизонтальным направлением выброса;  
 7 - совокупность точечных с зонтами или горизонтальным направлением выброса;  
 8 - автомагистраль.

### Вещество: 0301 Азота диоксид (Азот (IV) оксид)

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Учет	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
							См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	0	1	1	+	31,3485670	1	0,2675	1048,10	1,8124	0,2182	1210,19	2,4284
1	0	2	1	+	41,2355070	1	0,1131	1866,15	3,6248	0,1065	1923,74	3,9355
1	0	3	1	+	31,3485670	1	0,1197	1586,23	3,0040	0,1109	1648,95	3,2908
1	0	6	1	+	55,1217700	1	0,1962	1639,34	2,9251	0,1744	1740,18	3,4079
2	0	1	1	+	47,9023250	1	0,0938	2205,97	4,5488	0,0891	2264,16	4,9272
2	0	19	1	+	51,5713590	1	0,0554	2876,29	5,0842	0,0517	2977,94	5,6526
<b>Итого:</b>					<b>258,5280950</b>		<b>0,8457</b>			<b>0,7507</b>		

### Вещество: 0304 Азот (II) оксид (Азота оксид)

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Учет	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
							См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	0	1	1	+	5,0941420	1	0,0217	1048,10	1,8124	0,0177	1210,19	2,4284
1	0	2	1	+	6,7007700	1	0,0092	1866,15	3,6248	0,0087	1923,74	3,9355
1	0	3	1	+	5,0941420	1	0,0097	1586,23	3,0040	0,0090	1648,95	3,2908
1	0	6	1	+	8,9572880	1	0,0159	1639,34	2,9251	0,0142	1740,18	3,4079
2	0	1	1	+	7,7841280	1	0,0076	2205,97	4,5488	0,0072	2264,16	4,9272
2	0	19	1	+	8,3965600	1	0,0045	2876,29	5,0842	0,0042	2977,94	5,6526
<b>Итого:</b>					<b>42,0270300</b>		<b>0,0687</b>			<b>0,0610</b>		

### Вещество: 0328 Углерод (Сажа)

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Учет	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
							См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	0	2	1	+	0,2666200	1	0,0010	1866,15	3,6248	0,0009	1923,74	3,9355
2	0	1	1	+	0,0862120	1	0,0002	2205,97	4,5488	0,0002	2264,16	4,9272
2	0	19	1	+	3,7158350	1	0,0053	2876,29	5,0842	0,0050	2977,94	5,6526
<b>Итого:</b>					<b>4,0686670</b>		<b>0,0065</b>			<b>0,0061</b>		

**Вещество: 0330 Сера диоксид (Ангидрид сернистый)**

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Учет	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
							См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	0	1	1	+	4,0400500	1	0,0138	1048,10	1,8124	0,0112	1210,19	2,4284
1	0	2	1	+	290,9511110	1	0,3191	1866,15	3,6248	0,3006	1923,74	3,9355
1	0	3	1	+	4,0400500	1	0,0062	1586,23	3,0040	0,0057	1648,95	3,2908
1	0	6	1	+	125,1231370	1	0,1782	1639,34	2,9251	0,1584	1740,18	3,4079
2	0	1	1	+	333,2871110	1	0,2610	2205,97	4,5488	0,2478	2264,16	4,9272
2	0	19	1	+	64,5891990	1	0,0277	2876,29	5,0842	0,0259	2977,94	5,6526
<b>Итого:</b>					<b>822,0306580</b>		<b>0,8060</b>			<b>0,7496</b>		

**Вещество: 0337 Углерод оксид**

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Учет	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
							См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	0	1	1	+	31,9883330	1	0,0109	1048,10	1,8124	0,0089	1210,19	2,4284
1	0	2	1	+	43,8675600	1	0,0048	1866,15	3,6248	0,0045	1923,74	3,9355
1	0	3	1	+	31,9883330	1	0,0049	1586,23	3,0040	0,0045	1648,95	3,2908
1	0	6	1	+	56,2467040	1	0,0080	1639,34	2,9251	0,0071	1740,18	3,4079
2	0	1	1	+	46,5271950	1	0,0036	2205,97	4,5488	0,0035	2264,16	4,9272
2	0	19	1	+	33,2634370	1	0,0014	2876,29	5,0842	0,0013	2977,94	5,6526
<b>Итого:</b>					<b>243,8815620</b>		<b>0,0337</b>			<b>0,0299</b>		

**Вещество: 0703 Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)**

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Учет	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
							См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	0	2	1	+	0,0000330	1	0,0018	1866,15	3,6248	0,0017	1923,74	3,9355
2	0	1	1	+	0,0000370	1	0,0014	2205,97	4,5488	0,0014	2264,16	4,9272
2	0	19	1	+	0,0000990	1	0,0021	2876,29	5,0842	0,0020	2977,94	5,6526
<b>Итого:</b>					<b>0,0001690</b>		<b>0,0054</b>			<b>0,0051</b>		

**Вещество: 2904 Мазутная зола тепловых электростанций (в пересчете на ванадий)**

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Учет	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
							См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	0	1	1	+	0,6438150	1	0,0549	1048,10	1,8124	0,0448	1210,19	2,4284
1	0	3	1	+	0,6438150	1	0,0246	1586,23	3,0040	0,0228	1648,95	3,2908
<b>Итого:</b>					<b>1,2876300</b>		<b>0,0795</b>			<b>0,0676</b>		

**Вещество: 2908 Пыль неорганическая: 70-20% SiO2**

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Учет	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
							См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	0	2	1	+	13,7892200	1	0,0252	1866,15	3,6248	0,0237	1923,74	3,9355
1	0	6	1	+	52,4542930	1	0,1245	1639,34	2,9251	0,1107	1740,18	3,4079
2	0	1	1	+	18,2423220	1	0,0238	2205,97	4,5488	0,0226	2264,16	4,9272
2	0	19	1	+	13,9107590	1	0,0100	2876,29	5,0842	0,0093	2977,94	5,6526
<b>Итого:</b>					<b>98,3965940</b>		<b>0,1835</b>			<b>0,1663</b>		



## Выбросы источников по группам суммации

Учет:

"%" - источник учитывается с исключением из фона;  
 "+" - источник учитывается без исключения из фона;  
 "-" - источник не учитывается и его вклад исключается из фона.  
 При отсутствии отметок источник не учитывается.

Источники, помеченные к учету знаком «-» или непомеченные («»), в общей сумме не учитываются

Типы источников:

1 - точечный;  
 2 - линейный;  
 3 - неорганизованный;  
 4 - совокупность точечных, объединенных для расчета в один площадной;  
 5 - неорганизованный с нестационарной по времени мощностью выброса;  
 6 - точечный, с зонтом или горизонтальным направлением выброса;  
 7 - совокупность точечных с зонтами или горизонтальным направлением выброса;  
 8 - автомагистраль.

### Группа суммации: 6006

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Учет	Код в-ва	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
								См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	0	1	1	+	0301	31,3485670	1	0,2675	1048,10	1,8124	0,2182	1210,19	2,4284
1	0	1	1	+	0304	5,0941420	1	0,0217	1048,10	1,8124	0,0177	1210,19	2,4284
1	0	1	1	+	0330	4,0400500	1	0,0138	1048,10	1,8124	0,0112	1210,19	2,4284
1	0	1	1	+	2904	0,6438150	1	0,0549	1048,10	1,8124	0,0448	1210,19	2,4284
1	0	2	1	+	0301	41,2355070	1	0,1131	1866,15	3,6248	0,1065	1923,74	3,9355
1	0	2	1	+	0304	6,7007700	1	0,0092	1866,15	3,6248	0,0087	1923,74	3,9355
1	0	2	1	+	0330	290,9511110	1	0,3191	1866,15	3,6248	0,3006	1923,74	3,9355
1	0	3	1	+	0301	31,3485670	1	0,1197	1586,23	3,0040	0,1109	1648,95	3,2908
1	0	3	1	+	0304	5,0941420	1	0,0097	1586,23	3,0040	0,0090	1648,95	3,2908
1	0	3	1	+	0330	4,0400500	1	0,0062	1586,23	3,0040	0,0057	1648,95	3,2908
1	0	3	1	+	2904	0,6438150	1	0,0246	1586,23	3,0040	0,0228	1648,95	3,2908
1	0	6	1	+	0301	55,1217700	1	0,1962	1639,34	2,9251	0,1744	1740,18	3,4079
1	0	6	1	+	0304	8,9572880	1	0,0159	1639,34	2,9251	0,0142	1740,18	3,4079
1	0	6	1	+	0330	125,1231370	1	0,1782	1639,34	2,9251	0,1584	1740,18	3,4079
2	0	1	1	+	0301	47,9023250	1	0,0938	2205,97	4,5488	0,0891	2264,16	4,9272
2	0	1	1	+	0304	7,7841280	1	0,0076	2205,97	4,5488	0,0072	2264,16	4,9272
2	0	1	1	+	0330	333,2871110	1	0,2610	2205,97	4,5488	0,2478	2264,16	4,9272
2	0	19	1	+	0301	51,5713590	1	0,0554	2876,29	5,0842	0,0517	2977,94	5,6526
2	0	19	1	+	0304	8,3965600	1	0,0045	2876,29	5,0842	0,0042	2977,94	5,6526
2	0	19	1	+	0330	64,5891990	1	0,0277	2876,29	5,0842	0,0259	2977,94	5,6526
<b>Итого:</b>						<b>1123,8734130</b>		<b>1,8000</b>			<b>1,6289</b>		

### Группа суммации: 6009

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Учет	Код в-ва	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
								См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	0	1	1	+	0301	31,3485670	1	0,2675	1048,10	1,8124	0,2182	1210,19	2,4284
1	0	1	1	+	0330	4,0400500	1	0,0138	1048,10	1,8124	0,0112	1210,19	2,4284
1	0	2	1	+	0301	41,2355070	1	0,1131	1866,15	3,6248	0,1065	1923,74	3,9355
1	0	2	1	+	0330	290,9511110	1	0,3191	1866,15	3,6248	0,3006	1923,74	3,9355
1	0	3	1	+	0301	31,3485670	1	0,1197	1586,23	3,0040	0,1109	1648,95	3,2908
1	0	3	1	+	0330	4,0400500	1	0,0062	1586,23	3,0040	0,0057	1648,95	3,2908
1	0	6	1	+	0301	55,1217700	1	0,1962	1639,34	2,9251	0,1744	1740,18	3,4079
1	0	6	1	+	0330	125,1231370	1	0,1782	1639,34	2,9251	0,1584	1740,18	3,4079
2	0	1	1	+	0301	47,9023250	1	0,0938	2205,97	4,5488	0,0891	2264,16	4,9272
2	0	1	1	+	0330	333,2871110	1	0,2610	2205,97	4,5488	0,2478	2264,16	4,9272
2	0	19	1	+	0301	51,5713590	1	0,0554	2876,29	5,0842	0,0517	2977,94	5,6526
2	0	19	1	+	0330	64,5891990	1	0,0277	2876,29	5,0842	0,0259	2977,94	5,6526
<b>Итого:</b>						<b>1080,5587530</b>		<b>1,6518</b>			<b>1,5003</b>		

### Группа суммации: 6046

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Учет	Код в-ва	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
								См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	0	1	1	+	0337	31,9883330	1	0,0109	1048,10	1,8124	0,0089	1210,19	2,4284
1	0	2	1	+	0337	43,8675600	1	0,0048	1866,15	3,6248	0,0045	1923,74	3,9355
1	0	2	1	+	2908	13,7892200	1	0,0252	1866,15	3,6248	0,0237	1923,74	3,9355
1	0	3	1	+	0337	31,9883330	1	0,0049	1586,23	3,0040	0,0045	1648,95	3,2908
1	0	6	1	+	0337	56,2467040	1	0,0080	1639,34	2,9251	0,0071	1740,18	3,4079

1	0	6	1	+	2908	52,4542930	1	0,1245	1639,34	2,9251	0,1107	1740,18	3,4079
2	0	1	1	+	0337	46,5271950	1	0,0036	2205,97	4,5488	0,0035	2264,16	4,9272
2	0	1	1	+	2908	18,2423220	1	0,0238	2205,97	4,5488	0,0226	2264,16	4,9272
2	0	19	1	+	0337	33,2634370	1	0,0014	2876,29	5,0842	0,0013	2977,94	5,6526
2	0	19	1	+	2908	13,9107590	1	0,0100	2876,29	5,0842	0,0093	2977,94	5,6526
<b>Итого:</b>						<b>342,2781560</b>		<b>0,2172</b>			<b>0,1962</b>		

**Группа суммации: 6099**

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Учет	Код в-ва	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
								См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	0	1	1	+	2904	0,6438150	1	0,0549	1048,10	1,8124	0,0448	1210,19	2,4284
1	0	2	1	+	2908	13,7892200	1	0,0252	1866,15	3,6248	0,0237	1923,74	3,9355
1	0	3	1	+	2904	0,6438150	1	0,0246	1586,23	3,0040	0,0228	1648,95	3,2908
1	0	6	1	+	2908	52,4542930	1	0,1245	1639,34	2,9251	0,1107	1740,18	3,4079
2	0	1	1	+	2908	18,2423220	1	0,0238	2205,97	4,5488	0,0226	2264,16	4,9272
2	0	19	1	+	2908	13,9107590	1	0,0100	2876,29	5,0842	0,0093	2977,94	5,6526
<b>Итого:</b>						<b>99,6842240</b>		<b>0,2630</b>			<b>0,2339</b>		

**Расчет проводился по веществам (группам суммации)**

Код	Наименование вещества	Предельно Допустимая Концентрация			Коэф. экологич. ситуации	Фоновая концентр.	
		Тип	Спр. значение	Исп. в расч.		Учет	Интерп.
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	ПДК м/р	0,2	0,2	1	Да	Нет
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	ПДК м/р	0,4	0,4	1	Нет	Нет
0328	Углерод (Сажа)	ПДК м/р	0,15	0,15	1	Нет	Нет
0330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	ПДК м/р	0,5	0,5	1	Да	Нет
0337	Углерод оксид	ПДК м/р	5	5	1	Да	Нет
0703	Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	ПДК с/с * 10	0,000001	0,00001	1	Нет	Нет
2904	Мазутная зола теплоэлектростанций (в пересчете на вандий)	ПДК с/с * 10	0,002	0,02	1	Нет	Нет
2908	Пыль неорганическая: 70-20% SiO2	ПДК м/р	0,3	0,3	1	Нет	Нет
6006	Азота диоксид и оксид, мазутная зола, серы диоксид	Группа	-	-	1	Нет	Нет
6009	Азота диоксид, серы диоксид	Группа	-	-	1	Да	Нет
6046	Углерода оксид и пыль цементного производства	Группа	-	-	1	Нет	Нет
6099	Сумма взвешенных	Группа	-	-	1	Нет	Нет

**Посты измерения фоновых концентраций**

№ поста	Наименование	Координаты поста	
		x	y
3	СПН №3	200	-1000

Код в-ва	Наименование вещества	Фоновые концентрации				
		Штиль	Север	Восток	Юг	Запад
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,048661	0,048661	0,048661	0,048661	0,048661
0330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	0,00072	0,00072	0,00072	0,00072	0,00072
0337	Углерод оксид	0,0885	0,0885	0,0885	0,0885	0,0885
6099	Сумма взвешенных	0,142343	0,142343	0,142343	0,142343	0,142343

**Перебор метеопараметров при расчете**

Набор-автомат

Перебор скоростей ветра осуществляется автоматически

Направление ветра

Начало сектора	Конец сектора	Шаг перебора ветра
0	360	1

## Расчетные области

### Расчетные площадки

№	Тип	Полное описание площадки				Ширина, (м)	Шаг, (м)		Высота, (м)	Комментарий
		Координаты середины 1-й стороны (м)		Координаты середины 2-й стороны (м)			X	Y		
		X	Y	X	Y					
1	Заданная	-8000	-6000	9000	-6000	20000	500	500	0	

### Расчетные точки

№	Координаты точки (м)		Высота (м)	Тип точки	Комментарий
	X	Y			
1	-200,00	2070,00	2	на границе СЗЗ	
1	-630,00	-1295,00	2	на границе СЗЗ	
2	1750,00	1630,00	2	на границе СЗЗ	
3	440,00	-290,00	2	на границе СЗЗ	
4	-1550,00	430,00	2	на границе жилой зоны	

### Вещества, расчет для которых не целесообразен Критерий целесообразности расчета E3=0,01

Код	Наименование	Сумма Ст/ПДК
0328	Углерод (Сажа)	0,0060971
0703	Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	0,0050645

### Результаты расчета и вклады по веществам (расчетные точки)

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 - точка на границе здания

#### Вещество: 0301 Азота диоксид (Азот (IV) оксид)

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-200	2070	2	0,78	175	3,76	0,243	0,243	3
1	-630	-1295	2	0,77	25	3,07	0,243	0,243	3
4	-1550	430	2	0,72	105	3,07	0,243	0,243	4
2	1750	1630	2	0,66	227	3,07	0,243	0,243	3
3	440	-290	2	0,45	304	2,50	0,243	0,243	3

#### Вещество: 0304 Азот (II) оксид (Азота оксид)

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-200	2070	2	0,04	175	3,76	0,000	0,000	3
1	-630	-1295	2	0,04	25	3,07	0,000	0,000	3
4	-1550	430	2	0,04	105	3,07	0,000	0,000	4
2	1750	1630	2	0,03	227	3,07	0,000	0,000	3
3	440	-290	2	0,02	304	2,50	0,000	0,000	3

**Вещество: 0330 Сера диоксид (Ангидрид сернистый)**

№	Коорд Х(м)	Коорд У(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
2	1750	1630	2	0,54	250	4,61	0,001	0,001	3
1	-630	-1295	2	0,51	12	4,61	0,001	0,001	3
4	-1550	430	2	0,50	70	4,61	0,001	0,001	4
1	-200	2070	2	0,46	176	3,76	0,001	0,001	3
3	440	-290	2	0,41	334	3,76	0,001	0,001	3

**Вещество: 0337 Углерод оксид**

№	Коорд Х(м)	Коорд У(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-200	2070	2	0,04	175	3,76	0,018	0,018	3
1	-630	-1295	2	0,04	25	3,07	0,018	0,018	3
4	-1550	430	2	0,04	105	3,07	0,018	0,018	4
2	1750	1630	2	0,03	227	3,07	0,018	0,018	3
3	440	-290	2	0,03	304	2,50	0,018	0,018	3

**Вещество: 2904 Мазутная зола теплоэлектростанций (в пересчете на ванадий)**

№	Коорд Х(м)	Коорд У(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
4	-1550	430	2	0,06	105	3,07	0,000	0,000	4
1	-630	-1295	2	0,06	25	3,07	0,000	0,000	3
1	-200	2070	2	0,06	175	3,07	0,000	0,000	3
2	1750	1630	2	0,05	228	3,07	0,000	0,000	3
3	440	-290	2	0,04	303	2,50	0,000	0,000	3

**Вещество: 2908 Пыль неорганическая: 70-20% SiO<sub>2</sub>**

№	Коорд Х(м)	Коорд У(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-200	2070	2	0,13	174	3,76	0,000	0,000	3
1	-630	-1295	2	0,12	27	3,76	0,000	0,000	3
4	-1550	430	2	0,11	104	3,76	0,000	0,000	4
2	1750	1630	2	0,10	227	3,76	0,000	0,000	3
3	440	-290	2	0,03	309	3,07	0,000	0,000	3

**Вещество: 6006 Азота диоксид и оксид, мазутная зола, серы диоксид**

№	Коорд Х(м)	Коорд У(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-200	2070	2	1,09	175	3,76	0,000	0,000	3
1	-630	-1295	2	0,92	23	3,07	0,000	0,000	3
4	-1550	430	2	0,75	105	3,07	0,000	0,000	4
2	1750	1630	2	0,75	250	4,61	0,000	0,000	3
3	440	-290	2	0,57	334	3,76	0,000	0,000	3

**Вещество: 6009 Азота диоксид, серы диоксид**

№	Коорд Х(м)	Коорд У(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-200	2070	2	1,24	175	3,76	0,245	0,245	3
1	-630	-1295	2	1,06	22	3,07	0,245	0,245	3
2	1750	1630	2	0,98	250	4,61	0,245	0,245	3
4	-1550	430	2	0,95	70	4,61	0,245	0,245	4
3	440	-290	2	0,80	334	3,76	0,245	0,245	3

**Вещество: 6046 Углерода оксид и пыль цементного производства**

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-200	2070	2	0,15	174	3,76	0,000	0,000	3
1	-630	-1295	2	0,14	27	3,76	0,000	0,000	3
4	-1550	430	2	0,13	104	3,76	0,000	0,000	4
2	1750	1630	2	0,12	227	3,76	0,000	0,000	3
3	440	-290	2	0,04	308	3,07	0,000	0,000	3

**Вещество: 6099 Сумма взвешенных**

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-200	2070	2	0,18	174	3,76	0,000	0,000	3
1	-630	-1295	2	0,18	26	3,07	0,000	0,000	3
4	-1550	430	2	0,17	105	3,07	0,000	0,000	4
2	1750	1630	2	0,15	227	3,76	0,000	0,000	3
3	440	-290	2	0,06	306	3,07	0,000	0,000	3

**Максимальные концентрации и вклады по веществам  
(расчетные точки)**

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 - точка на границе здания

**Вещество: 0301 Азота диоксид (Азот (IV) оксид)**

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-200	2070	2	0,78	175	3,76	0,243	0,000	3

Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК	Вклад %
1	0	1	0,17	21,80
1	0	6	0,16	20,43
1	0	1	0,20	26,42
1	0	6	0,16	20,67

4	-1550	430	2	0,72	105	3,07	0,243	0,000	4
---	-------	-----	---	------	-----	------	-------	-------	---

Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК	Вклад %
1	0	1	0,20	27,52
1	0	6	0,17	23,57

**Вещество: 0304 Азот (II) оксид (Азота оксид)**

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-200	2070	2	0,04	175	3,76	0,000	0,000	3

Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК	Вклад %
1	0	1	0,01	31,65
1	0	6	0,01	29,67
1	0	1	0,02	38,58
1	0	6	0,01	30,18

4	-1550	430	2	0,04	105	3,07	0,000	0,000	4
---	-------	-----	---	------	-----	------	-------	-------	---

Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК	Вклад %
1	0	1	0,02	41,52
1	0	6	0,01	35,56

**Вещество: 0330 Сера диоксид (Ангидрид сернистый)**

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
2	1750	1630	2	0,54	250	4,61	0,001	0,000	3
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	2	0,29		53,95				
2	0	1	0,24		45,11				
1	-630	-1295	2	0,51	12	4,61	0,001	0,000	3
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	2	0,28		53,92				
2	0	1	0,23		44,58				
4	-1550	430	2	0,50	70	4,61	0,001	0,000	4
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	2	0,26		52,58				
2	0	1	0,22		44,54				

**Вещество: 0337 Углерод оксид**

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-200	2070	2	0,04	175	3,76	0,018	0,000	3
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	1	7,0e-3		17,53				
1	0	6	6,5e-3		16,43				
1	0	1	8,3e-3		21,44				
1	0	6	6,5e-3		16,78				
4	-1550	430	2	0,04	105	3,07	0,018	0,000	4
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	1	8,1e-3		21,77				
1	0	6	6,9e-3		18,65				

**Вещество: 2904 Мазутная зола тепловых электростанций (в пересчете на ванадий)**

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
4	-1550	430	2	0,06	105	3,07	0,000	0,000	4
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	1	0,04		64,43				
1	0	3	0,02		35,57				
1	-630	-1295	2	0,06	25	3,07	0,000	0,000	3
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	1	0,04		66,25				
1	0	3	0,02		33,75				
1	0	1	0,04		63,81				
1	0	3	0,02		36,19				

**Вещество: 2908 Пыль неорганическая: 70-20% SiO<sub>2</sub>**

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-200	2070	2	0,13	174	3,76	0,000	0,000	3
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	6	0,10		81,42				
2	0	1	0,01		10,34				
1	0	6	0,11		90,90				
2	0	19	7,1e-3		6,00				
4	-1550	430	2	0,11	104	3,76	0,000	0,000	4
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	6	0,11		100,00				

**Вещество: 6006 Азота диоксид и оксид, мазутная зола, серы диоксид**

№	Коорд Х(м)	Коорд У(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-200	2070	2	1,09	175	3,76	0,000	0,000	3
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	6	0,32		29,04				
1	0	1	0,23		20,84				
1	0	6	0,28		30,47				
1	0	1	0,25		27,72				
4	-1550	430	2	0,75	105	3,07	0,000	0,000	4
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	6	0,34		45,06				
1	0	1	0,27		35,40				

**Вещество: 6009 Азота диоксид, серы диоксид**

№	Коорд Х(м)	Коорд У(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-200	2070	2	1,24	175	3,76	0,245	0,000	3
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	6	0,30		24,59				
1	0	2	0,21		17,13				
1	0	6	0,24		23,04				
1	0	1	0,19		17,68				
4	-1550	430	2	0,95	70	4,61	0,245	0,000	4
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	2	0,36		37,85				
2	0	1	0,30		32,18				

**Вещество: 6046 Углерода оксид и пыль цементного производства**

№	Коорд Х(м)	Коорд У(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-200	2070	2	0,15	174	3,76	0,000	0,000	3
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	6	0,11		74,13				
2	0	1	0,02		10,20				
1	0	6	0,11		82,85				
2	0	19	8,1e-3		5,87				
4	-1550	430	2	0,13	104	3,76	0,000	0,000	4
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	6	0,12		90,78				
1	0	1	7,4e-3		5,80				

**Вещество: 6099 Сумма взвешенных**

№	Коорд Х(м)	Коорд У(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-200	2070	2	0,18	174	3,76	0,000	0,000	3
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	6	0,10		57,02				
1	0	1	0,03		19,04				
1	0	6	0,10		58,63				
1	0	1	0,04		23,59				
4	-1550	430	2	0,17	105	3,07	0,000	0,000	4
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	6	0,11		63,02				
1	0	1	0,04		23,82				

**Расчет рассеивания загрязняющих веществ,  
выбрасываемых пылеугольным котлом**



**Предприятие номер 106; ТЭЦ-3**

Город Астана

Вариант исходных данных: 2, Котел КТ

Вариант расчета: КТ

Расчет проведен на зиму

Расчетный модуль: "ОНД-86 стандартный"

Расчетные константы: E1= 0,01, E2=0,01, E3=0,01, S=999999,99 кв.км.

**Метеорологические параметры**

Средняя температура наружного воздуха самого жаркого месяца	27° С
Средняя температура наружного воздуха самого холодного месяца	-16,7° С
Коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы А	200
Максимальная скорость ветра в данной местности (повторяемость превышения в пределах 5%)	8,5 м/с

**Структура предприятия (площадки, цеха)**

Номер	Наименование площадки (цеха)
1	ТЭЦ-1
0	
2	ТЭЦ-3
0	

## Параметры источников выбросов

Учет:

"%" - источник учитывается с исключением из фона;  
 "+" - источник учитывается без исключения из фона;  
 "-" - источник не учитывается и его вклад исключается из фона.  
 При отсутствии отметок источник не учитывается.

Типы источников:

- 1 - точечный;
- 2 - линейный;
- 3 - неорганизованный;
- 4 - совокупность точечных, объединенных для расчета в один площадной;
- 5 - неорганизованный с нестационарной по времени мощностью выброса;
- 6 - точечный, с зонтом или горизонтальным направлением выброса;
- 7 - совокупность точечных с зонтами или горизонтальным направлением выброса;
- 8 - автомагистраль.

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)	Козф. рел.	Коорд. X1-ос. (м)	Коорд. Y1-ос. (м)	Коорд. X2-ос. (м)	Коорд. Y2-ос. (м)	Ширина источ. (м)
+	1	0	1	Труба дымовая №1	1	1	100,0	4,00	57,05132	4,54	65	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
Код в-ва				Наименование вещества	Выброс, (г/с)	Выброс, (т/г)	F	Лето:	См/ПДК	Xm	Um	Зима:	См/ПДК	Xm	Um		
0301				Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	153,8400000	0,0000000	1	1,313	1 048,1	1,8	1,071	1 210,2	2,4				
0304				Азот (II) оксид (Азота оксид)	153,8400000	0,0000000	1	0,085	1 048,1	1,8	0,070	1 210,2	2,4				
0330				Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	153,8400000	0,0000000	1	0,811	1 048,1	1,8	0,661	1 210,2	2,4				
0337				Углерод оксид	153,8400000	0,0000000	1	0,003	1 048,1	1,8	0,002	1 210,2	2,4				
2908				Пыль неорганическая: 70-20% SiO2	153,8400000	0,0000000	1	0,892	1 048,1	1,8	0,728	1 210,2	2,4				
+	1	0	2	Труба дымовая №2	1	1	120,0	3,00	120	16,97653	165	1,0	-220,0	950,0	-220,0	950,0	0,00
Код в-ва				Наименование вещества	Выброс, (г/с)	Выброс, (т/г)	F	Лето:	См/ПДК	Xm	Um	Зима:	См/ПДК	Xm	Um		
0301				Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	153,8400000	0,0000000	1	0,113	1 866,1	3,6	0,106	1 923,7	3,9				
0304				Азот (II) оксид (Азота оксид)	153,8400000	0,0000000	1	0,009	1 866,1	3,6	0,009	1 923,7	3,9				
0328				Углерод (Сажа)	153,8400000	0,0000000	1	0,001	1 866,1	3,6	0,001	1 923,7	3,9				
0330				Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	153,8400000	0,0000000	1	0,319	1 866,1	3,6	0,301	1 923,7	3,9				
0337				Углерод оксид	153,8400000	0,0000000	1	0,005	1 866,1	3,6	0,005	1 923,7	3,9				
0703				Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	153,8400000	0,0000000	1	0,002	1 866,1	3,6	0,002	1 923,7	3,9				
2908				Пыль неорганическая: 70-20% SiO2	153,8400000	0,0000000	1	0,025	1 866,1	3,6	0,024	1 923,7	3,9				
+	1	0	3	Труба дымовая №2	1	1	120,0	4,80	82,1539	4,54	160	1,0	-73,5	32,1	-73,5	32,1	0,00
Код в-ва				Наименование вещества	Выброс, (г/с)	Выброс, (т/г)	F	Лето:	См/ПДК	Xm	Um	Зима:	См/ПДК	Xm	Um		
0301				Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	153,8400000	0,0000000	1	0,495	1 586,2	3	0,458	1 649	3,3				
0304				Азот (II) оксид (Азота оксид)	153,8400000	0,0000000	1	0,040	1 586,2	3	0,037	1 649	3,3				
0330				Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	153,8400000	0,0000000	1	0,525	1 586,2	3	0,486	1 649	3,3				
0337				Углерод оксид	153,8400000	0,0000000	1	0,005	1 586,2	3	0,005	1 649	3,3				
2908				Пыль неорганическая: 70-20% SiO2	153,8400000	0,0000000	1	1,150	1 586,2	3	1,065	1 649	3,3				
+	1	0	6	Труба дымовая №3	1	1	120,0	5,00	135,0547	6,87828	95,2	1,0	51,7	18,8	51,7	18,8	0,00
Код в-ва				Наименование вещества	Выброс, (г/с)	Выброс, (т/г)	F	Лето:	См/ПДК	Xm	Um	Зима:	См/ПДК	Xm	Um		
0301				Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	153,8400000	0,0000000	1	0,229	1 639,3	2,9	0,204	1 740,2	3,4				
0304				Азот (II) оксид (Азота оксид)	153,8400000	0,0000000	1	0,019	1 639,3	2,9	0,017	1 740,2	3,4				
0330				Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	153,8400000	0,0000000	1	0,695	1 639,3	2,9	0,617	1 740,2	3,4				
0337				Углерод оксид	153,8400000	0,0000000	1	0,009	1 639,3	2,9	0,008	1 740,2	3,4				
2904				Мазутная зола теплостанций (в пересчете на ванадий)	153,8400000	0,0000000	1	0,056	1 639,3	2,9	0,049	1 740,2	3,4				
+	2	0	1	Труба дымовая №1	1	1	120,0	3,00	212,4230	30,05171	156	1,0	-60,0	960,0	-60,0	960,0	0,00
Код в-ва				Наименование вещества	Выброс, (г/с)	Выброс, (т/г)	F	Лето:	См/ПДК	Xm	Um	Зима:	См/ПДК	Xm	Um		

0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	153,8400000	0,0000000	1	0,094	2 206	4,5	0,089	2 264,2	4,9							
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	153,8400000	0,0000000	1	0,008	2 206	4,5	0,007	2 264,2	4,9							
0328	Углерод (Сажа)	153,8400000	0,0000000	1	0,000	2 206	4,5	0,000	2 264,2	4,9							
0330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	153,8400000	0,0000000	1	0,261	2 206	4,5	0,248	2 264,2	4,9							
0337	Углерод оксид	153,8400000	0,0000000	1	0,004	2 206	4,5	0,003	2 264,2	4,9							
0703	Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	153,8400000	0,0000000	1	0,001	2 206	4,5	0,001	2 264,2	4,9							
2908	Пыль неорганическая: 70-20% SiO2	153,8400000	0,0000000	1	0,024	2 206	4,5	0,023	2 264,2	4,9							
+	2	0	19	Труба дымовая №3 (ТЭЦ-3 550 КТ)	1	1	148,0	5,20	507,4833 3	23,896	85	1,0	570,0	950,0	570,0	950,0	0,00
Код в-ва	Наименование вещества			Выброс, (г/с)	Выброс, (т/г)	F	Лето:	См/ПДК	Xm	Um	Зима:	См/ПДК	Xm	Um			
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)			153,8400000	0,0000000	1		0,072	2 767,8	4,5		0,066	2 898,8	5,2			
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)			153,8400000	0,0000000	1		0,006	2 767,8	4,5		0,005	2 898,8	5,2			
0328	Углерод (Сажа)			153,8400000	0,0000000	1		0,005	2 767,8	4,5		0,004	2 898,8	5,2			
0330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)			153,8400000	0,0000000	1		0,029	2 767,8	4,5		0,026	2 898,8	5,2			
0337	Углерод оксид			153,8400000	0,0000000	1		0,004	2 767,8	4,5		0,003	2 898,8	5,2			
0703	Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)			153,8400000	0,0000000	1		0,002	2 767,8	4,5		0,002	2 898,8	5,2			
2908	Пыль неорганическая: 70-20% SiO2			153,8400000	0,0000000	1		0,011	2 767,8	4,5		0,010	2 898,8	5,2			

## Выбросы источников по веществам

Учет:

"%" - источник учитывается с исключением из фона;  
 "+" - источник учитывается без исключения из фона;  
 "-" - источник не учитывается и его вклад исключается из фона.  
 При отсутствии отметок источник не учитывается.

Источники, помеченные к учету знаком «-» или непомеченные («»), в общей сумме не учитываются

Типы источников:

1 - точечный;  
 2 - линейный;  
 3 - неорганизованный;  
 4 - совокупность точечных, объединенных для расчета в один площадной;  
 5 - неорганизованный с нестационарной по времени мощностью выброса;  
 6 - точечный, с зонтом или горизонтальным направлением выброса;  
 7 - совокупность точечных с зонтами или горизонтальным направлением выброса;  
 8 - автомагистраль.

### Вещество: 0301 Азота диоксид (Азот (IV) оксид)

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Учет	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
							См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	0	1	1	+	153,8400000	1	1,3128	1048,10	1,8124	1,0708	1210,19	2,4284
1	0	2	1	+	41,2355070	1	0,1131	1866,15	3,6248	0,1065	1923,74	3,9355
1	0	3	1	+	129,4680000	1	0,4945	1586,23	3,0040	0,4579	1648,95	3,2908
1	0	6	1	+	64,3590000	1	0,2291	1639,34	2,9251	0,2036	1740,18	3,4079
2	0	1	1	+	47,9023250	1	0,0938	2205,97	4,5488	0,0891	2264,16	4,9272
2	0	19	1	+	62,0698180	1	0,0720	2767,82	4,4902	0,0656	2898,82	5,2090
<b>Итого:</b>					<b>498,8746500</b>		<b>2,3153</b>			<b>1,9935</b>		

### Вещество: 0304 Азот (II) оксид (Азота оксид)

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Учет	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
							См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	0	1	1	+	20,0120000	1	0,0854	1048,10	1,8124	0,0696	1210,19	2,4284
1	0	2	1	+	6,7007700	1	0,0092	1866,15	3,6248	0,0087	1923,74	3,9355
1	0	3	1	+	21,0390000	1	0,0402	1586,23	3,0040	0,0372	1648,95	3,2908
1	0	6	1	+	10,4580000	1	0,0186	1639,34	2,9251	0,0165	1740,18	3,4079
2	0	1	1	+	7,7841280	1	0,0076	2205,97	4,5488	0,0072	2264,16	4,9272
2	0	19	1	+	10,0863450	1	0,0059	2767,82	4,4902	0,0053	2898,82	5,2090
<b>Итого:</b>					<b>76,0802430</b>		<b>0,1668</b>			<b>0,1446</b>		

### Вещество: 0328 Углерод (Сажа)

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Учет	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
							См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	0	2	1	+	0,2666200	1	0,0010	1866,15	3,6248	0,0009	1923,74	3,9355
2	0	1	1	+	0,0862120	1	0,0002	2205,97	4,5488	0,0002	2264,16	4,9272
2	0	19	1	+	3,1610600	1	0,0049	2767,82	4,4902	0,0045	2898,82	5,2090
<b>Итого:</b>					<b>3,5138920</b>		<b>0,0061</b>			<b>0,0056</b>		

### Вещество: 0330 Сера диоксид (Ангидрид сернистый)

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Учет	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
							См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	0	1	1	+	237,5140000	1	0,8108	1048,10	1,8124	0,6613	1210,19	2,4284
1	0	2	1	+	290,9511110	1	0,3191	1866,15	3,6248	0,3006	1923,74	3,9355
1	0	3	1	+	343,6680000	1	0,5251	1586,23	3,0040	0,4862	1648,95	3,2908
1	0	6	1	+	487,8020000	1	0,6946	1639,34	2,9251	0,6174	1740,18	3,4079
2	0	1	1	+	333,2871110	1	0,2610	2205,97	4,5488	0,2478	2264,16	4,9272
2	0	19	1	+	62,0698180	1	0,0288	2767,82	4,4902	0,0263	2898,82	5,2090
<b>Итого:</b>					<b>1755,2920400</b>		<b>2,6394</b>			<b>2,3395</b>		

**Вещество: 0337 Углерод оксид**

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Учет	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
							См/ПДК	Хм	Um (м/с)	См/ПДК	Хм	Um (м/с)
1	0	1	1	+	8,3000000	1	0,0028	1048,10	1,8124	0,0023	1210,19	2,4284
1	0	2	1	+	43,8675600	1	0,0048	1866,15	3,6248	0,0045	1923,74	3,9355
1	0	3	1	+	34,9120000	1	0,0053	1586,23	3,0040	0,0049	1648,95	3,2908
1	0	6	1	+	64,3590000	1	0,0092	1639,34	2,9251	0,0081	1740,18	3,4079
2	0	1	1	+	46,5271950	1	0,0036	2205,97	4,5488	0,0035	2264,16	4,9272
2	0	19	1	+	77,5872720	1	0,0036	2767,82	4,4902	0,0033	2898,82	5,2090
<b>Итого:</b>					<b>275,5530270</b>		<b>0,0294</b>			<b>0,0267</b>		

**Вещество: 0703 Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)**

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Учет	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
							См/ПДК	Хм	Um (м/с)	См/ПДК	Хм	Um (м/с)
1	0	2	1	+	0,0000330	1	0,0018	1866,15	3,6248	0,0017	1923,74	3,9355
2	0	1	1	+	0,0000370	1	0,0014	2205,97	4,5488	0,0014	2264,16	4,9272
2	0	19	1	+	0,0000950	1	0,0022	2767,82	4,4902	0,0020	2898,82	5,2090
<b>Итого:</b>					<b>0,0001650</b>		<b>0,0055</b>			<b>0,0051</b>		

**Вещество: 2904 Мазутная зола теплоэлектростанций (в пересчете на ванадий)**

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Учет	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
							См/ПДК	Хм	Um (м/с)	См/ПДК	Хм	Um (м/с)
1	0	6	1	+	1,5600000	1	0,0555	1639,34	2,9251	0,0494	1740,18	3,4079
<b>Итого:</b>					<b>1,5600000</b>		<b>0,0555</b>			<b>0,0494</b>		

**Вещество: 2908 Пыль неорганическая: 70-20% SiO2**

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Учет	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
							См/ПДК	Хм	Um (м/с)	См/ПДК	Хм	Um (м/с)
1	0	1	1	+	156,8400000	1	0,8923	1048,10	1,8124	0,7278	1210,19	2,4284
1	0	2	1	+	13,7892200	1	0,0252	1866,15	3,6248	0,0237	1923,74	3,9355
1	0	3	1	+	451,5900000	1	1,1499	1586,23	3,0040	1,0648	1648,95	3,2908
2	0	1	1	+	18,2423220	1	0,0238	2205,97	4,5488	0,0226	2264,16	4,9272
2	0	19	1	+	13,7779860	1	0,0107	2767,82	4,4902	0,0097	2898,82	5,2090
<b>Итого:</b>					<b>654,2395280</b>		<b>2,1019</b>			<b>1,8486</b>		

## Выбросы источников по группам суммации

Учет:

"%" - источник учитывается с исключением из фона;  
 "+" - источник учитывается без исключения из фона;  
 "-" - источник не учитывается и его вклад исключается из фона.  
 При отсутствии отметок источник не учитывается.

Источники, помеченные к учету знаком «-» или непомеченные («»), в общей сумме не учитываются

Типы источников:

- 1 - точечный;
- 2 - линейный;
- 3 - неорганизованный;
- 4 - совокупность точечных, объединенных для расчета в один площадной;
- 5 - неорганизованный с нестационарной по времени мощностью выброса;
- 6 - точечный, с зонтом или горизонтальным направлением выброса;
- 7 - совокупность точечных с зонтами или горизонтальным направлением выброса;
- 8 - автомагистраль.

### Группа суммации: 6006

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Учет	Код в-ва	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
								См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	0	1	1	+	0301	153,8400000	1	1,3128	1048,10	1,8124	1,0708	1210,19	2,4284
1	0	1	1	+	0304	20,0120000	1	0,0854	1048,10	1,8124	0,0696	1210,19	2,4284
1	0	1	1	+	0330	237,5140000	1	0,8108	1048,10	1,8124	0,6613	1210,19	2,4284
1	0	2	1	+	0301	41,2355070	1	0,1131	1866,15	3,6248	0,1065	1923,74	3,9355
1	0	2	1	+	0304	6,7007700	1	0,0092	1866,15	3,6248	0,0087	1923,74	3,9355
1	0	2	1	+	0330	290,9511110	1	0,3191	1866,15	3,6248	0,3006	1923,74	3,9355
1	0	3	1	+	0301	129,4680000	1	0,4945	1586,23	3,0040	0,4579	1648,95	3,2908
1	0	3	1	+	0304	21,0390000	1	0,0402	1586,23	3,0040	0,0372	1648,95	3,2908
1	0	3	1	+	0330	343,6680000	1	0,5251	1586,23	3,0040	0,4862	1648,95	3,2908
1	0	6	1	+	0301	64,3590000	1	0,2291	1639,34	2,9251	0,2036	1740,18	3,4079
1	0	6	1	+	0304	10,4580000	1	0,0186	1639,34	2,9251	0,0165	1740,18	3,4079
1	0	6	1	+	0330	487,8020000	1	0,6946	1639,34	2,9251	0,6174	1740,18	3,4079
1	0	6	1	+	2904	1,5600000	1	0,0555	1639,34	2,9251	0,0494	1740,18	3,4079
2	0	1	1	+	0301	47,9023250	1	0,0938	2205,97	4,5488	0,0891	2264,16	4,9272
2	0	1	1	+	0304	7,7841280	1	0,0076	2205,97	4,5488	0,0072	2264,16	4,9272
2	0	1	1	+	0330	333,2871110	1	0,2610	2205,97	4,5488	0,2478	2264,16	4,9272
2	0	19	1	+	0301	62,0698180	1	0,0720	2767,82	4,4902	0,0656	2898,82	5,2090
2	0	19	1	+	0304	10,0863450	1	0,0059	2767,82	4,4902	0,0053	2898,82	5,2090
2	0	19	1	+	0330	62,0698180	1	0,0288	2767,82	4,4902	0,0263	2898,82	5,2090
<b>Итого:</b>						<b>2331,8069330</b>		<b>5,1771</b>			<b>4,5270</b>		

### Группа суммации: 6009

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Учет	Код в-ва	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
								См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	0	1	1	+	0301	153,8400000	1	1,3128	1048,10	1,8124	1,0708	1210,19	2,4284
1	0	1	1	+	0330	237,5140000	1	0,8108	1048,10	1,8124	0,6613	1210,19	2,4284
1	0	2	1	+	0301	41,2355070	1	0,1131	1866,15	3,6248	0,1065	1923,74	3,9355
1	0	2	1	+	0330	290,9511110	1	0,3191	1866,15	3,6248	0,3006	1923,74	3,9355
1	0	3	1	+	0301	129,4680000	1	0,4945	1586,23	3,0040	0,4579	1648,95	3,2908
1	0	3	1	+	0330	343,6680000	1	0,5251	1586,23	3,0040	0,4862	1648,95	3,2908
1	0	6	1	+	0301	64,3590000	1	0,2291	1639,34	2,9251	0,2036	1740,18	3,4079
1	0	6	1	+	0330	487,8020000	1	0,6946	1639,34	2,9251	0,6174	1740,18	3,4079
2	0	1	1	+	0301	47,9023250	1	0,0938	2205,97	4,5488	0,0891	2264,16	4,9272
2	0	1	1	+	0330	333,2871110	1	0,2610	2205,97	4,5488	0,2478	2264,16	4,9272
2	0	19	1	+	0301	62,0698180	1	0,0720	2767,82	4,4902	0,0656	2898,82	5,2090
2	0	19	1	+	0330	62,0698180	1	0,0288	2767,82	4,4902	0,0263	2898,82	5,2090
<b>Итого:</b>						<b>2254,1666900</b>		<b>4,9547</b>			<b>4,3331</b>		

### Группа суммации: 6099

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Учет	Код в-ва	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
								См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	0	1	1	+	2908	156,8400000	1	0,8923	1048,10	1,8124	0,7278	1210,19	2,4284
1	0	2	1	+	2908	13,7892200	1	0,0252	1866,15	3,6248	0,0237	1923,74	3,9355
1	0	3	1	+	2908	451,5900000	1	1,1499	1586,23	3,0040	1,0648	1648,95	3,2908
1	0	6	1	+	2904	1,5600000	1	0,0555	1639,34	2,9251	0,0494	1740,18	3,4079
2	0	1	1	+	2908	18,2423220	1	0,0238	2205,97	4,5488	0,0226	2264,16	4,9272
2	0	19	1	+	2908	13,7779860	1	0,0107	2767,82	4,4902	0,0097	2898,82	5,2090
<b>Итого:</b>						<b>655,7995280</b>		<b>2,1574</b>			<b>1,8980</b>		

## Расчет проводился по веществам (группам суммации)

Код	Наименование вещества	Предельно Допустимая Концентрация			Коэф. экологич. ситуации	Фоновая концентр.	
		Тип	Спр. значение	Исп. в расч.		Учет	Интерп.
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	ПДК м/р	0,2	0,2	1	Да	Да
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	ПДК м/р	0,4	0,4	1	Нет	Нет
0328	Углерод (Сажа)	ПДК м/р	0,15	0,15	1	Нет	Нет
0330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	ПДК м/р	0,5	0,5	1	Да	Да
0337	Углерод оксид	ПДК м/р	5	5	1	Да	Да
0703	Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	ПДК с/с * 10	0,000001	0,00001	1	Нет	Нет
2904	Мазутная зола теплоэлектростанций (в пересчете на ванадий)	ПДК с/с * 10	0,002	0,02	1	Нет	Нет
2908	Пыль неорганическая: 70-20% SiO2	ПДК м/р	0,3	0,3	1	Нет	Нет
6006	Азота диоксид и оксид, мазутная зола, серы диоксид	Группа	-	-	1	Нет	Нет
6009	Азота диоксид, серы диоксид	Группа	-	-	1	Да	Да
6046	Углерода оксид и пыль цементного производства	Группа	-	-	1	Нет	Нет
6099	Сумма взвешенных	Группа	-	-	1	Нет	Нет

### Посты измерения фоновых концентраций

№ поста	Наименование	Координаты поста	
		x	y
3	СПН №3	200	-1000

Код в-ва	Наименование вещества	Фоновые концентрации				
		Штиль	Север	Восток	Юг	Запад
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,048661	0,048661	0,048661	0,048661	0,048661
0330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	0,00072	0,00072	0,00072	0,00072	0,00072
0337	Углерод оксид	0,0885	0,0885	0,0885	0,0885	0,0885
6099	Сумма взвешенных	0,142343	0,142343	0,142343	0,142343	0,142343

### Перебор метеопараметров при расчете

#### Набор-автомат

Перебор скоростей ветра осуществляется автоматически

#### Направление ветра

Начало сектора	Конец сектора	Шаг перебора ветра
0	360	1

### Расчетные области

#### Расчетные площадки

№	Тип	Полное описание площадки				Ширина, (м)	Шаг, (м)		Высота, (м)	Комментарий
		Координаты середины 1-й стороны (м)		Координаты середины 2-й стороны (м)			X	Y		
		X	Y	X	Y					
1	Заданная	-8000	-6000	9000	-6000	20000	500	500	0	

#### Расчетные точки

№	Координаты точки	Высота	Тип точки	Комментарий
---	------------------	--------	-----------	-------------

	(м)		(м)	
	X	Y		
1	-200,00	2070,00	2	на границе СЗЗ
1	-630,00	-1295,00	2	на границе СЗЗ
2	1750,00	1630,00	2	на границе СЗЗ
3	440,00	-290,00	2	на границе СЗЗ
4	-1550,00	430,00	2	на границе жилой зоны

**Вещества, расчет для которых не целесообразен**  
Критерий целесообразности расчета  $E_3=0,01$

Код	Наименование	Сумма См/ПДК
0328	Углерод (Сажа)	0,0055884
0703	Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	0,0050892

**Результаты расчета и вклады по веществам**  
(расчетные точки)

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 - точка на границе здания

**Вещество: 0301 Азота диоксид (Азот (IV) оксид)**

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-630	-1295	2	1,93	25	3,07	0,243	0,243	3
4	-1550	430	2	1,87	105	3,07	0,243	0,243	4
1	-200	2070	2	1,82	175	3,07	0,243	0,243	3
2	1750	1630	2	1,64	228	3,07	0,243	0,243	3
3	440	-290	2	1,09	303	2,50	0,243	0,243	3

**Вещество: 0304 Азот (II) оксид (Азота оксид)**

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-630	-1295	2	0,12	25	3,07	0,000	0,000	3
4	-1550	430	2	0,12	105	3,07	0,000	0,000	4
1	-200	2070	2	0,11	175	3,07	0,000	0,000	3
2	1750	1630	2	0,10	228	3,07	0,000	0,000	3
3	440	-290	2	0,06	303	2,50	0,000	0,000	3

**Вещество: 0330 Сера диоксид (Ангидрид сернистый)**

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-200	2070	2	1,83	175	3,76	0,001	0,001	3
1	-630	-1295	2	1,75	25	3,07	0,001	0,001	3
4	-1550	430	2	1,69	105	3,07	0,001	0,001	4
2	1750	1630	2	1,47	227	3,76	0,001	0,001	3
3	440	-290	2	0,72	304	2,50	0,001	0,001	3

**Вещество: 0337 Углерод оксид**

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
---	---------------	---------------	---------------	-----------------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	--------------



1	-200	2070	2	0,04	175	3,76	0,018	0,018	3
1	-630	-1295	2	0,04	25	3,07	0,018	0,018	3
4	-1550	430	2	0,03	105	3,07	0,018	0,018	4
2	1750	1630	2	0,03	228	3,76	0,018	0,018	3
3	440	-290	2	0,02	334	3,76	0,018	0,018	3

**Вещество: 2904 Мазутная зола теплоэлектростанций (в пересчете на ванадий)**

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
4	-1550	430	2	0,05	104	3,76	0,000	0,000	4
1	-630	-1295	2	0,05	27	3,76	0,000	0,000	3
1	-200	2070	2	0,05	173	3,76	0,000	0,000	3
2	1750	1630	2	0,05	227	3,76	0,000	0,000	3
3	440	-290	2	0,02	308	3,07	0,000	0,000	3

**Вещество: 2908 Пыль неорганическая: 70-20% SiO<sub>2</sub>**

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
4	-1550	430	2	1,71	105	3,07	0,000	0,000	4
1	-630	-1295	2	1,71	24	3,07	0,000	0,000	3
1	-200	2070	2	1,60	176	3,07	0,000	0,000	3
2	1750	1630	2	1,48	228	3,07	0,000	0,000	3
3	440	-290	2	0,86	303	3,07	0,000	0,000	3

**Вещество: 6006 Азота диоксид и оксид, мазутная зола, серы диоксид**

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-630	-1295	2	3,60	25	3,07	0,000	0,000	3
1	-200	2070	2	3,54	175	3,07	0,000	0,000	3
4	-1550	430	2	3,47	105	3,07	0,000	0,000	4
2	1750	1630	2	3,01	227	3,07	0,000	0,000	3
3	440	-290	2	1,64	304	2,50	0,000	0,000	3

**Вещество: 6009 Азота диоксид, серы диоксид**

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-630	-1295	2	3,68	25	3,07	0,245	0,245	3
1	-200	2070	2	3,63	175	3,07	0,245	0,245	3
4	-1550	430	2	3,55	105	3,07	0,245	0,245	4
2	1750	1630	2	3,11	227	3,07	0,245	0,245	3
3	440	-290	2	1,81	304	2,50	0,245	0,245	3

**Вещество: 6099 Сумма взвешенных**

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
4	-1550	430	2	1,76	105	3,07	0,000	0,000	4
1	-630	-1295	2	1,75	24	3,07	0,000	0,000	3
1	-200	2070	2	1,64	176	3,07	0,000	0,000	3
2	1750	1630	2	1,52	228	3,07	0,000	0,000	3
3	440	-290	2	0,87	303	3,07	0,000	0,000	3

## Максимальные концентрации и вклады по веществам (расчетные точки)

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 - точка на границе здания

### Вещество: 0301 Азота диоксид (Азот (IV) оксид)

№	Коорд Х(м)	Коорд У(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-630	-1295	2	1,93	25	3,07	0,243	0,000	3
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	1	1,00		51,78				
1	0	3	0,43		22,19				
4	-1550	430	2	1,87	105	3,07	0,243	0,000	4
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	1	0,97		52,14				
1	0	3	0,45		24,22				
1	-200	2070	2	1,82	175	3,07	0,243	0,000	3
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	1	0,88		48,30				
1	0	3	0,42		23,05				

### Вещество: 0304 Азот (II) оксид (Азота оксид)

№	Коорд Х(м)	Коорд У(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-630	-1295	2	0,12	25	3,07	0,000	0,000	3
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	1	0,07		53,77				
1	0	3	0,03		28,79				
4	-1550	430	2	0,12	105	3,07	0,000	0,000	4
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	1	0,06		54,50				
1	0	3	0,04		31,63				
1	-200	2070	2	0,11	175	3,07	0,000	0,000	3
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	1	0,06		50,23				
1	0	3	0,03		29,95				

### Вещество: 0330 Сера диоксид (Ангидрид сернистый)

№	Коорд Х(м)	Коорд У(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-200	2070	2	1,83	175	3,76	0,001	0,000	3
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	6	0,57		30,92				
1	0	1	0,52		28,23				
1	0	1	0,62		35,35				
1	0	6	0,57		32,31				
4	-1550	430	2	1,69	105	3,07	0,001	0,000	4
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	6	0,60		35,71				
1	0	1	0,60		35,69				

**Вещество: 0337 Углерод оксид**

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-200	2070	2	0,04	175	3,76	0,018	0,000	3
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	6	7,5e-3		20,81				
1	0	3	4,6e-3		12,71				
1	0	6	7,5e-3		21,12				
1	0	3	4,6e-3		13,11				
4	-1550	430	2	0,03	105	3,07	0,018	0,000	4
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	6	7,9e-3		24,34				
1	0	3	4,9e-3		14,97				

**Вещество: 2904 Мазутная зола теплоэлектростанций (в пересчете на ванадий)**

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
4	-1550	430	2	0,05	104	3,76	0,000	0,000	4
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	6	0,05		100,00				
1	-630	-1295	2	0,05	27	3,76	0,000	0,000	3
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	6	0,05		100,00				
1	0	6	0,05		100,00				

**Вещество: 2908 Пыль неорганическая: 70-20% SiO2**

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
4	-1550	430	2	1,71	105	3,07	0,000	0,000	4
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	3	1,05		61,38				
1	0	1	0,66		38,62				
1	-630	-1295	2	1,71	24	3,07	0,000	0,000	3
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	3	1,03		60,33				
1	0	1	0,66		38,75				
1	0	3	0,99		61,97				
1	0	1	0,59		36,59				

**Вещество: 6006 Азота диоксид и оксид, мазутная зола, серы диоксид**

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-630	-1295	2	3,60	25	3,07	0,000	0,000	3
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	1	1,68		46,74				
1	0	3	0,92		25,52				
1	0	1	1,48		41,74				
1	0	3	0,90		25,37				
4	-1550	430	2	3,47	105	3,07	0,000	0,000	4
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК		Вклад %				
1	0	1	1,64		47,19				
1	0	3	0,97		27,92				

**Вещество: 6009 Азота диоксид, серы диоксид**

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
1	-630	-1295	2	3,68	25	3,07	0,245	0,000	3

Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК	Вклад %					
1	0	1	1,62	43,98					
1	0	3	0,88	24,03					
1	0	1	1,42	39,17					
1	0	3	0,86	23,83					
4	-1550	430	2	3,55	105	3,07	0,245	0,000	4

Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК	Вклад %
1	0	1	1,58	44,34
1	0	3	0,93	26,26

**Вещество: 6099 Сумма взвешенных**

№	Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Высота (м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр. ветра	Скор. ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до искл.	Тип точки
4	-1550	430	2	1,76	105	3,07	0,000	0,000	4

Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК	Вклад %
1	0	3	1,05	59,71
1	0	1	0,66	37,56

1	-630	-1295	2	1,75	24	3,07	0,000	0,000	3
---	------	-------	---	------	----	------	-------	-------	---

Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК	Вклад %
1	0	3	1,03	58,86
1	0	1	0,66	37,81
1	0	3	0,99	60,37
1	0	1	0,59	35,65