

ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
«НОВОСИБИРСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ГИГИЕНЫ» ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ ЗАЩИТЫ  
ПРАВ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ И БЛАГОПОЛУЧИЯ ЧЕЛОВЕКА

*На правах рукописи*

Щербатов Александр Федорович

**ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ  
ПРИЗЕМНЫХ СЛОЕВ АТМОСФЕРЫ ЦЕМЕНТНОЙ ПЫЛЬЮ  
НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ**

14.02.01- Гигиена

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание учёной степени кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

Новикова Ирина Игоревна

доктор медицинских наук,

профессор

Новосибирск, 2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.....	5
Методология и методы диссертационного исследования. ....	9
Степень достоверности.....	10
Апробация работы.....	11
Внедрение результатов исследования.....	11
ГЛАВА 1. МЕЖДУНАРОДНАЯ И ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ПРАКТИКА ИЗУЧЕНИЯ, МОНИТОРИНГА И ОЦЕНКИ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕР ПРОФИЛАКТИКИ НАРУШЕНИЙ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....	13
1.1. Гигиенические основы нормирования и оценки загрязнения атмосферного воздуха.....	13
1.2. Результаты исследований по оценке влияния загрязнений воздушной среды поллютантами антропогенного происхождения на здоровье населения и эффективность реализуемых мер профилактики (международная и отечественная практика).....	22
1.3. Цементная пыль – как действенный фактор риска здоровью населению, проживающему в населенных пунктах размещения промышленных предприятий по производству цемента.....	28
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	32
2.1. Материалы исследования.....	32
2.2. Методы исследования.....	35
ГЛАВА 3. ОАО «ИСКИТИМЦЕМЕНТ» КАК ОСНОВНОЙ ГРАДООБРАЗУЮЩИЙ ФАКТОР И КЛЮЧЕВОЙ ИСТОЧНИК РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ г. ИСКИТИМА.....	45
3.1. Климатогеографическая характеристика г. Искитима.....	45
3.2. Характеристика г. Искитима, как промышленного центра.....	50
3.3. Сравнительная характеристика заболеваемости населения территории «наблюдения» - г. Искитим и «контрольной» территории – г. Бердск.....	54
ГЛАВА 4. ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЙ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОТ ВЫБРОСОВ ОАО «ИСКИТИМЦЕМЕНТ» НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ.....	64

4.1. Гигиеническая оценка технологии производства цемента на ОАО «Искитимцемент» и эффективности очистных сооружений .....	64
4.2. Результаты оценки риска здоровью от загрязнений атмосферного воздуха выбросами ОАО «Искитимцемент» .....	75
4.3. Результаты изучения параметров токсикометрии пыли цемента .....	109
<b>ГЛАВА 5. ИННОВАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЙ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И РАЗРАБОТКИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ, СНИЖАЮЩИХ РИСКИ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ.....</b>	
5.1. Практика дополнения стандартной системы мониторинга загрязнения атмосферного воздуха исследованиями снегового покрова и математического моделирования загрязнений приземных слоев атмосферы с использованием малопараметрических методов описания процессов распространения примесей .....	115
5.2. Характеристика заболеваемости населения г. Искитима, обусловленная выбросами в атмосферный воздух ОАО «Искитимцемент».....	126
5.3. Инновационная модель профилактики нарушений здоровья населения, обусловленная загрязнением атмосферного воздуха от выбросов неподвижных (стационарных) источников (промышленных предприятий) .....	135
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	142
ВЫВОДЫ.....	145
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	147
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	148
Приложение 1 .....	181
Приложение 2.....	182

**СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ:**

ПДК - предельно допустимая концентрация;

ПДУ - предельно допустимый уровень;

МДУ - максимально допустимый уровень;

ОБУВ - ориентировочно безопасный уровень.

## ВВЕДЕНИЕ. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** Значительная часть экологических проблем, имеющих техногенное происхождение, обусловлена деятельностью промышленных городов. Загрязняя окружающую среду, промышленные центры порождают проблемы локального, регионального и глобального уровней [33,44,74]. Высокая концентрация промышленных предприятий на территории городов Урала и Сибири, а также неуклонный рост автотранспорта являются основными источниками загрязнения атмосферного воздуха, почвенного и растительного покрова [23, 32, 44, 67].

В зонах влияния стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха регистрируются повышенные уровни заболеваемости населения болезнями органов дыхания, эндокринной и иммунной систем. Это актуализирует значимость научного обоснования гигиенических нормативов, изучение их прямого и опосредованного влияния на здоровье, а также научного обоснования и актуализации структурных элементов системы социально-гигиенического мониторинга [76].

В современных условиях развития отдельных отраслей промышленности, актуализируется проблема регламентации выбросов загрязняющих атмосферный воздух веществ, поскольку не по всем веществам, установлены предельно-допустимые концентрации, определены ориентировочно-безопасные уровни воздействия [83, 97]. Следовательно их недоучет может послужить причиной искусственного занижения риска [94, 99]. Действующая система социально-гигиенического мониторинга также не решает эти проблемы, а только констатирует их наличие [61].

ОАО «Искитимцемент» в г. Искитим Новосибирской области ежегодно вносит существенный вклад в структуру суммарных общегородских валовых выбросов, в том числе по пыли цемента, и является одним из факторов, определяющих уровень популяционного здоровья населения данного населенного пункта. Это актуализирует проведение комплексных гигиенических исследований

по оценке загрязнения приземных слоев атмосферы в селитебных территориях, расчет значений популяционных рисков неканцерогенных эффектов, прогноз эффективности реализуемых профилактических мероприятий.

**Степень разработанности темы диссертации.** Методологические основы оценки риска здоровью от загрязнений атмосферного воздуха базируются на фундаментальных исследованиях отечественной и зарубежных гигиенических научных школ, в т.ч. работы Ю.А. Рахманина, С.М. Новикова, С.Л. Авалиани, В.Н. Ракитского, О.О. Сенициной, Н.В. Зайцевой, И.В. Май, В.Б. Гурвича, В.Б. Колядо, Р.С. Гильденскиольда, M.J. Cruz, R.S. Krech, R.T. Engstrom. В Российской Федерации традиционно большое внимание уделяется вопросам охраны окружающей среды и охраны здоровья населения. Вместе с тем, несмотря на действующие законодательные и организационно-распорядительные акты по охране атмосферного воздуха, окружающей природной среды, здоровья населения<sup>1,2,3,4</sup>, в современных условиях актуализируется необходимость методологической проработки конкретизации результатов оценки популяционного неканцерогенного риска, прогноза эффективности реализуемых профилактических мероприятий, своевременности пополнения гигиенических нормативов с учетом развития химической промышленности, изучения возможности использования иных субстратов (снеговой покров, растительный покров, почва) для опосредованной оценки загрязнения приземных слоев атмосферы. Актуальность и недостаточная проработанность данных вопросов и определили выбор темы диссертационного исследования.

**Цель исследования.** Дать научное обоснование модели профилактики нарушений здоровья населения, обусловленных загрязнениями приземных слоев атмосферы цементной пылью.

---

<sup>1</sup> Федеральный закон от 04.05.1999 N 96-ФЗ (ред. от 11.06.2021) "Об охране атмосферного воздуха".

<sup>2</sup> Указ Президента РФ от 21.07.2020 N 474 "О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года".

<sup>3</sup> Указ Президента РФ от 19.04.2017 N 176 "О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года".

<sup>4</sup> Федеральный проект «Чистый воздух» Национального Проекта «Экология».

**Задачи исследования.** Дать гигиеническую оценку загрязнений атмосферного воздуха в г. Искитим.

1. Установить в ходе острого и подострого эксперимента ориентировочные безопасные уровни воздействия выбрасываемой в атмосферный воздух цементной пыли, определить органы-мишени риска и патологии риска.

2. Изучить динамику и структуру показателей общей заболеваемости населения по обращаемости за медицинской помощью.

3. Разработать систему показателей мониторинга загрязнений среды обитания и нарушений здоровья населения.

4. Дать научное обоснование модели профилактики нарушений здоровья населения, проживающего в условиях загрязнения приземных слоев атмосферы цементной пылью.

**Научная новизна.** С учетом действующей технологии производства цемента мокрым способом дано научное обоснование показателей среды обитания и здоровья населения для организации действенной системы мониторинга, включающей оценку содержания в атмосферном воздухе сажи, бензола, бенз(а)пирена, свинца, диоксида азота, взвешенных веществ, азота оксида, марганца, серы диоксида, монооксида углерода и пыли цемента. Установлены патологии риска, требующие мониторинга - для детей 0-14 лет: болезни крови, эндокринной системы и системы кровообращения, заболевания нижних дыхательных путей, астма и астматический статус, аллергический ринит; для детей 15-17 лет: болезни крови, эндокринной системы и системы кровообращения, новообразования, болезни органов дыхания, в том числе, заболевания нижних дыхательных путей, астма и астматический статус, хронические болезни миндалин; для возрастной группы 18 лет и старше: болезни крови, эндокринной системы и системы кровообращения, новообразования, болезни органов дыхания, в том числе, заболевания нижних дыхательных путей, астма и астматический статус, хронические болезни миндалин, заболевания верхних дыхательных путей.

В эксперименте определены значения ориентировочных безопасных уровней воздействия для цементной пыли разного диаметра, установлены значения

ориентировочных безопасных уровней воздействия для разных путей поступления цементной пыли в организм: ингаляционного (ОБУВ = 0,41 мг/м<sup>3</sup>), перорального (ОБУВ = 0,12 мг/л) и перкутанного (ОБУВ = 0,10 г/кг). Установлено, что по всем, полученным экспериментально показателям, пыль цемента соответствует 3 классу опасности химических соединений.

Для оценки значимости выбросов от стационарных (площадных) источников загрязнения атмосферного воздуха в формирование особенностей заболеваемости населения предложена система ранжирования структуры случаев дополнительной заболеваемости населения, позволившая установить возрастные особенности регистрируемой заболеваемости на территории воздействия ОАО «Искитимцемент» - для детей возрастных групп «0-14 лет» и «15-17 лет» первое ранговое место – болезни органов дыхания, второе – болезни эндокринной системы, третье – болезни системы кровообращения; для возрастной группы «18 лет и старше» первое ранговое место – болезни системы кровообращения, второе – болезни эндокринной системы, третье – болезни органов дыхания.

Регистрируемые ежегодно за период 2010-2019 гг. у населения, проживающего в зоне влияния ОАО «Искитимцемент», дополнительные случаи заболеваний (по обращаемости за медицинской помощью) выражены в показателях вероятности дополнительных обращений населения за медицинской помощью по прогнозу заболеваний в течение года, (индивидуальные риски), составившие в возрастной группе «0-14 лет»  $1,2 \cdot 10^{-1}$ ; по группе «15-17 лет»  $1,6 \cdot 10^{-1}$ ; по группе «18 лет и старше»  $2,6 \cdot 10^{-1}$ . Установлено, что значения индивидуальных неканцерогенных рисков, регистрируемые с учетом обращаемости за медицинской помощью, наиболее высокие в возрастной группе 18 лет и старше.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Предложена инновационная модель профилактики нарушений здоровья населения, обусловленная загрязнением атмосферного воздуха от выбросов неподвижных (стационарных) источников (промышленных предприятий), предусматривающая организацию мониторинга загрязнения атмосферного воздуха с учетом результатов



лабораторных исследований и реализации расчётных процедур, оценки особенностей заболеваемости населения, расчёта показателей популяционного и индивидуального риска заболеваемости населения, реализации мер первичной профилактики, индикации патологий риска и когорт риска, регламентации процедур связи заболевания со стационарным (площадным) источником загрязнения атмосферного воздуха.

Разработаны методические рекомендации по использованию малопараметрических моделей переноса загрязняющих атмосферный воздух веществ в снеговой покров для интерпретации загрязнений атмосферного воздуха.

Зарегистрированы в Федеральной службе по интеллектуальной собственности две информационные базы данных загрязнения снегового покрова в г. Искитим: «База данных по содержанию пыли и химических элементов в снежном покрове в районе Искитимского цементного завода, Новосибирская область» (Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2016620347 от 16 марта 2016 года); «База данных по содержанию пыли, рН, макро- и микроэлементов в снежном покрове в районе Искитимского цементного завода, Новосибирская область» (Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 202162127 от 20 мая 2021 года).

Подготовлено информационное письмо в Федеральную службу по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека о целесообразности использования расчетных процедур определения популяционного и индивидуального не канцерогенного риска здоровью населения в реализации задач Национальных Проектов «Экология» и «Демография».

Материалы исследований использованы ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России при подготовке лекционных материалов и материалов практических занятий для студентов медико-профилактического факультета.

#### **Методология и методы диссертационного исследования.**

Методологической основой работы послужили результаты социально-гигиенического мониторинга и экспериментального исследования, проведенного на базе ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора.

В ходе работы применялись гигиенические, экспериментально-токсикологические, эпидемиологические и статистические методы исследования.

### **Положения, выносимые на защиту**

1. Динамически изменяющаяся структура размещения стационарных и передвижных источников загрязнения атмосферного воздуха в промышленных центрах, не позволяет посредством существующей сети стационарных постов наблюдения с должной степенью точности оценивать фактические уровни загрязнения воздуха в селитебной территории и оценивать вероятные последствия их воздействия на здоровье населения. В связи с чем для территорий с устойчивым снеговым покровом, целесообразно использовать его в качестве дополнительного источника информации.

2. При организации системы мониторинга здоровья населения и среды обитания требуется организация наблюдений как на макро-территориальном, так и групповом (микро-территориальном) уровнях, что должно существенно повысить обоснованность и эффективность реализуемых профилактических мероприятий.

3. Планирование мониторинговых наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха на основе теоретических представлений о процессах переноса полидисперсных аэрозолей в приземных слоях атмосферы может существенно дополнить информативность результатов лабораторно-инструментальных исследований загрязнений атмосферного воздуха.

### **Степень достоверности**

Достоверность полученных результатов подтверждена репрезентативностью исследованных выборок и когорт, использованием адекватных задачам исследования методов, апробацией основных результатов диссертационного исследования на научных форумах, в том числе с международным участием.

### **Апробация работы**

Материалы диссертации доложены и обсуждены на Международной конференции «Дистанционные методы зондирования земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» в рамках работы «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» 2019 XV Международная выставка и научный конгресс «Электронное геопространство на службе общества» 24–26 апреля 2019 года; Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию образования ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора «Современные проблемы гигиены, токсикологии и медицины труда» (Новосибирск, 2020); Всероссийской научно-практической конференции по программам инноваций в области медицины труда «Сердечно-сосудистые, респираторные и онкологические заболевания у работающих – новые вызовы» (Новосибирск, 2021), Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 60-летию образования Восточно-Сибирского института медико-экологических исследований (Ангарск, 2021), VIII Международном форуме технологического развития «Технопром-2021», в стратегической сессии «Окружающая среда» (Новосибирск, 2021); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы профилактики инфекционных и неинфекционных болезней: эпидемиологические, организационные и гигиенические аспекты» (Москва, 2021).

### **Внедрение результатов исследования**

Материалы исследований использованы в работе Управления Роспотребнадзора Новосибирской области (акт внедрения от 27.05.2021), ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Новосибирской области» (акт внедрения от 01.06.2021), Управления Роспотребнадзора по Омской области (акт внедрения от 02.06.2021), Управления Роспотребнадзора по Р. Алтай (акт внедрения от 04.06.2021), ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России (акт внедрения от 02.04.2021) при подготовке лекционных материалов и материалов практических занятий для студентов медико-профилактического факультета.

### **Публикации**

По теме диссертации опубликовано 10 научных работ, в том числе 4 статьи в научных журналах и изданиях, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

### **Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Научные положения диссертации соответствуют паспорту научной специальности 14.02.01 - Гигиена п. 2. Исследования по оценке влияния факторов окружающей среды населенных мест, разработка гигиенических нормативов, обеспечивающих благоприятные условия жизни населения (коммунальная гигиена).

### **Объем и структура диссертации**

Диссертация изложена на 182 страницах машинописного текста и состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы. Список литературы представлен 274 источниками, из которых 161 в зарубежных изданиях. Полученные результаты проиллюстрированы с помощью 37 таблиц и 33 рисунков.

### **Личный вклад автора**

Автор самостоятельно сформулировал тему, определил цель и задачи исследования, разработал дизайн исследования. Принимал личное участие в сборе информации, ее формализации и статистической обработке, в постановке задач экспериментального исследования и его реализации, базы данных для регистрации. По итогам работы подготовлены статьи к публикации, сформулированы положения, выносимые на защиту, заключение и выводы, написана диссертационная работа, подготовлено информационное письмо в Федеральную службу Роспотребнадзора.

# **ГЛАВА 1. МЕЖДУНАРОДНАЯ И ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ПРАКТИКА ИЗУЧЕНИЯ, МОНИТОРИНГА И ОЦЕНКИ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕР ПРОФИЛАКТИКИ НАРУШЕНИЙ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

## **1.1. Гигиенические основы нормирования и оценки загрязнения атмосферного воздуха**

Современные принципы гигиенического нормирования загрязнений атмосферного воздуха населенных мест были сформулированы ещё в середине прошлого века академиком В.А. Рязановым [93]. В СССР для разработки ПДК (ПДУ) воздуха населённых пунктов использовали данные о токсичном действии загрязнений, о пороге восприятия запаха газов, и влияния их на высшую нервную деятельность, даже при концентрациях, при которой запах не обнаруживается. Публикации о принципах, использованных при разработке ПДК вредных веществ в воздухе населённых мест, были изданы в виде сборников в СССР и иных странах [243,244].

Гигиеническое (санитарно-гигиеническое) нормирование – это установление пределов интенсивности и продолжительности воздействия на организм человека факторов окружающей среды с целью предотвращения повреждения органов и систем человека и развития заболеваний [92,97]. Это качественные и количественные показатели, соблюдение которых гарантирует безопасные или оптимальные условия существования человека. В связи с высокой социальной значимостью охраны здоровья человека санитарно-гигиеническое нормирование в нашей стране было разработано и внедрено в практику управления природопользованием (СанПиН 2.1.6.1032-01).

В основе санитарного-гигиенического нормирования химических загрязнений лежат натурные наблюдения за населением или животными, эксперимент [259,260,263]. Так, при нормировании атмосферных загрязнений среднесуточная предельно допустимая концентрация устанавливается на подпороговом уровне, установленном в эксперименте. Учитывая практику выбора концентраций для воздействия на животных, величину предельно допустимых концентраций обычно

устанавливают в три раза ниже пороговой, вызывающей ожидаемые физиологические или морфологические изменения в организме [111].

Существующий в настоящее время принцип нормирования атмосферных загрязнений предусматривает установление предельно допустимых концентраций (ПДК) максимальных разовых и среднесуточных [20,21,50,54,77]. Если расчет максимальных разовых ПДК опирается на значение порогов рефлекторного действия, то среднесуточные концентрации учитывают главным образом пороги резорбтивные. В том случае, когда порог токсического действия оказывается менее чувствительным, чем порог рефлекторный, то ведущим в обосновании среднесуточных ПДК является порог рефлекторного воздействия [111]. Оценивается и прогнозируется влияние вещества по схеме: доза-время-эффект с нахождением вероятностных количественных порогов вредного действия.

Из всего комплекса первичных, вторичных и опосредованных эффектов в эксперименте выделяется лимитирующий фактор, оказывающий пороговое действие, которое можно определить современными методами [67,130,131, 147,151]. Например, диоксид кремния не оказывает значимых токсических эффектов, но вызывает воспалительные процессы в интерстиции. Воспалительные процессы можно определить при наличии правильно подобранного аналитического метода оценки, обладающего должной степенью специфичности и чувствительности метода [35-39, 45]. Выраженность данного эффекта будет зависеть от поглощённой дозы и степени превышения компенсаторных возможностей организма, что в конце концов приведёт к развитию специфичных необратимых морфологических изменений в органах дыхания, диагностируемых, в настоящее время с помощью рентгенологических методов, методов компьютерной томографии. Определение пороговых значений, которые не вызывают значимых изменений, регистрируемых в течении жизни, связанных с определенным поллютантом и будет одной из основных задач санитарно-гигиенического нормирования. Соответственно, под ПДК понимается такая концентрация химических элементов и их соединений в окружающей среде, которая при повседневном влиянии в течение всей жизни не вызывает

патологических изменений или заболеваний, а также не оказывает негативного воздействия на последующие поколения.

В основе теории санитарно-гигиенического нормирования химических веществ в окружающей среде лежат следующие принципы: принцип преимущества медицинских показаний; принцип разделения объектов санитарной охраны; принцип пороговости; принцип дифференциации биологических ответов; принцип учета всех возможных неблагоприятных воздействий определяет все возможные влияния неблагоприятного фактора на организм человека (принцип аггравации).

Принцип преимущества медицинских показаний заключается в том, что при нормировании вредного вещества в окружающей среде принимаются во внимание только особенности его действия на организм человека и санитарные условия жизни. Аргументы об отсутствии эффективных мер по снижению или предотвращению воздействия вредного вещества на организм человека (применение различных способов очистки атмосферных выбросов или сточных вод, использование индивидуальной или коллективной защит) не могут послужить основанием для установления норматива на более высоком уровне. Кроме того, этот принцип предусматривает опережение научных исследований по обоснованию нормативов в сравнении с моментом внедрения новых химических веществ в производственный процесс, трудовую деятельность.

Принцип разделения объектов санитарной охраны определяется специфичностью и изменчивостью физико-химических свойств и особенностей их воздействия на организм человека в зависимости от длительности контакта. Этот принцип нашел свое отражение не только в методологических особенностях установления нормативов химических веществ для различных элементов биосферы, но и в их названии. Так, в зависимости от объекта окружающей среды различают предельно допустимые концентрации (ПДК), максимально допустимый уровень (МДУ), предельно допустимый уровень (ПДУ).

Принцип пороговости предполагает, что любой химический загрязнитель имеет свой порог действия. Этот принцип, не всегда является отражением законов, по которым происходит переход количественных изменений в качественные, но он

также положен в основу методологии гигиенического нормирования. Такие выводы базируются на предположении о единстве живых организмов со средой обитания. В случае невозможности осуществить приспособление, после превышения допустимой интенсивности воздействия происходит конверсия физиологических процессов в патологические. Принцип пороговости имеет важное значение для понимания взаимодействия организма с факторами окружающей среды и расчета максимально допустимых нагрузок на человеческую популяцию. В противоположность принципу пороговости выступает беспороговый принцип, который подразумевает признание «вредным» любого количества загрязняющего вещества (способным вызвать патологические изменения). Вместе с тем, такой подход критикуется большинством гигиенистов и токсикологов [72,204]. Критика беспороговости действия вредных веществ базируется на том положении, что сторонники этой концепции не признают существование широкого спектра реакций организма на внешние воздействия, отвергают возможность скачкообразного перехода несущественных количественных изменений состояния организма в новые качественные, не учитывают постоянное обновление и регенерацию биологических структур, лежащих в основе процессов адаптации и компенсации, и, наконец, в то время как порог первичных, безразличных для организма реакций вредных веществ с тканями и клетками организма трудно установить, хотя теоретически он существует, порог вредного действия, знаменующий собой переход незаметных количественных изменений в качественные, более определен и может быть установлен [72,204].

Принцип дифференциации биологических ответов подразумевает учет функциональных неспецифических изменений в организме, а не только заболеваний и очевидных патологических изменений. Он используется как в эксперименте при установлении пороговых и безвредных концентраций, так и при выполнении натурных исследований при оценке наличия или отсутствия неблагоприятных действий загрязнений на население [64,82,169-173].

Действие любого вредного фактора вызывает комплекс биологических ответов: накопление загрязнителей или продуктов их метаболизма в органах и



тканях, функциональные реакции, связанные, как правило, со снижением функциональной активности высокодифференцированных систем организма, например нервной, эндокринной. Могут проявляться отдельные признаки болезни, возникают самостоятельные нозологические формы болезней, наступает смерть. Выраженность и частота этих биологических ответов среди населения, подвергающегося воздействию, распределяется в виде Гауссовой кривой, где наибольшей силе воздействия, смертности, например, соответствует наименьшая частота ответов, края кривой, а наименьшей силе воздействия накопление загрязняющего вещества в тканях — наибольшая частота ответов, 80-90% интегральной площади кривой. Такое распределение населения по видам биологических ответов на действие одного и того же фактора обусловлено величиной влияния самого фактора, состоянием организма, его толерантностью и реактивностью. Реактивность организма является переменной величиной. Она зависит от наследственных свойств, возраста, пола, физиологического состояния в момент воздействия неблагоприятного фактора, коморбидного бэкграунда.

Несомненно, гигиенический норматив должен защищать все население от неблагоприятного воздействия среды обитания, а не среднего человека, определенного по медиане Гауссовой кривой. В связи с этим нормирование ведется в расчете на наиболее восприимчивые – индикаторные группы населения, к которым справедливо отнесены дети, беременные, пожилое население. Сила воздействия должна быть ниже фенотипических возможностей защитно-приспособительных реакций для индикаторных групп населения.

Принцип учета всех возможных неблагоприятных воздействий определяет вероятность формирования неблагоприятных эффектов для здоровья. В методологии нормирования каждому виду неблагоприятного воздействия соответствует показатель вредности, действующую величину которого устанавливают с помощью расчётно-модельных методов и эксперимента [81,72,77].

При гигиеническом нормировании по каждому изучаемому фактору среды определяется лимитирующий показатель, определяющий фактическое значение

разрабатываемого гигиенического норматива. Оценка проводится по следующим показателям: органолептический (появление посторонних запаха и привкуса, изменение цвета и окраски, внешнего вида и формы); рефлекторный (проявления раздражающего действия фактора среды на слизистые дыхательных путей, конъюнктиву глаз); санитарно-токсикологический (резорбтивное действие на организм человека); специфический (аллергенное, гонадотоксическое, тератогенное и эмбриотоксическое действие вещества в дозе ниже уровня его хронического токсического действия); показатель отдаленных последствий (мутагенное и канцерогенное действие); общесанитарный (изменение климата местности, прозрачности атмосферы, растительности, бытовых условий) [139,141, 158-163].

По каждому показателю вредности устанавливают минимально действующую концентрацию, дозу, экспозицию. Затем из всех минимально действующих концентраций (доз, экспозиций), установленных по всем показателям вредности, выбирают наименьшую, которая и будет лимитирующим показателем вредности, тем показателем, по которому нормируется данное вещество. Зависимость эффекта от концентрации, дозы, экспозиции и времени воздействия, определяются на основании математического описания закономерностей влияния факторов в зависимости от концентрации (дозы) и времени. Для острых воздействий эффект будет зависеть от количества поглощённого вещества и для их описания подходит связь «концентрация=>эффект». Для хронических воздействий, проявление которых связано с функциональной или физической кумуляцией токсиканта, эффект зависит не только от концентрации (дозы), но и от времени воздействия. Поэтому хронические эффекты описываются по схеме «концентрация=>время=>эффект», учитывая постоянно действующие в процессе альтерации компенсаторные механизмы. Математическое описание процессов острого и хронического действия факторов среды позволяет определить показатели, необходимые для его нормирования: коэффициент запаса, коэффициент кумуляции, порог острого и хронического действия, класс опасности вещества [19, 178-182].

Исследования по установлению порога действия химического вещества по всем показателям вредности проводятся экспериментально. Это позволяет изучать явления в строго стандартизованных, сопоставимых условиях, что ведет к унификации методики проведения исследований и делает правомерным сравнение результатов. Натурные наблюдения на населении рассматриваются как обязательный этап нормирования. Этим определяется место и значение эпидемиологических, санитарно-статистических исследований при установлении безопасных для человека уровней химических веществ.

Из вышесказанного вытекает принцип аггравации (утяжеления). Он обусловлен тем, что в лабораторных условиях трудно, практически невозможно моделировать процесс, который полностью учитывал бы все естественные и искусственные факторы, влияющие на него. Из всего многообразия факторов отбираются только те, которые играют значимую роль в воздействии на организм человека, и моделируются такие условия эксперимента, которые в максимальной степени способствуют проявлению действия повреждающего фактора.

Установленные гигиенические нормативы не являются абсолютной истиной. При появлении новых научных данных, полученных с использованием более чувствительных методов исследования, они могут служить основанием пересмотра ПДК.

Эти принципы в настоящее время применяются и в других странах [120].

Вместе с тем, остается актуальной проблема оценки сочетанного воздействия смеси поллютантов, которые в зависимости от состава могут проявлять комбинированные эффекты - синергические или взаимно нейтрализующие, или оказывающие независимые друг от друга эффекты. Адекватной прогнозной экспериментальной модели, прогнозирующей вероятность формирования и проявления негативных эффектов и интенсивности их проявления от воздействия на биологический объект комбинаций поллютантов и комбинаций их источников, пока не разработано [246]. Имеющиеся решения данной проблемы в гигиенической науке пока носят не общий, а частный характер. А поскольку решение частное, то механизмы воздействия вредных факторов остаются не полностью раскрытыми. В

результате прогнозы, при незначительном изменении вводных условий, сопровождаются значительным количеством возникающих неопределенностей [30, 205,246].

Именно поэтому в последнее десятилетие популярна концепция оценки рисков здоровью от воздействия различных факторов, в том числе и антропогенного загрязнения воздуха [43,47,69,116,118]. Концепция была достаточно полно сформулирована в рекомендациях ВОЗ «Оценка риска для здоровья от загрязнения воздуха. Общие принципы» [68]. Для расчета рисков здоровью, согласно концепции, необходимо располагать информацией об оцениваемом веществе, его концентрации, физиологических и патофизиологических реакциях на данное вещество; а также базовых показателях статистики здравоохранения (заболеваемость, смертность) на конкретной, ограниченной и правильно выбранной территории. С помощью эпидемиологических исследований устанавливаются причинно-следственные связи между концентрациями веществ, загрязняющих воздух и реакцией популяции на загрязнение и собственно риск, которому подвергается население, а также риск отдаленных последствий для здоровья [3,5,76, 69,177,197,]. Эти риски всегда относительны [76,83,84,90,91].

Вместе с тем, загрязнители атмосферного воздуха, как правило, представляют собой сложную смесь. Следовательно, неблагоприятные последствия для здоровья, устанавливаемые при эпидемиологических исследованиях и соотносимые к воздействию отдельных загрязнителей воздуха, на самом деле могут быть следствием воздействия иных загрязняющих веществ в смеси [7, 188,189]. Маркерные загрязнители воздуха, конечно, удобны, но могут скрывать истинную картину или приводить к ложным выводам.

Эта проблема особенно актуальна в связи с последствиями для здоровья экспозиции мелкодисперсных взвешенных частиц в атмосферном воздухе [7,8, 48,103, 137,144,145,232,240,248,254]. Основные источники мелкодисперсных взвешенных частиц – первичная эмиссия загрязняющих веществ (в результате деятельности человека) и формирование вторичных частиц в атмосфере.

Мелкодисперсные взвешенные частицы могут характеризоваться по массовой концентрации как взвешенные частицы с диаметром менее 2,5 мкм ( $PM_{2.5}$ ) или 10 мкм ( $PM_{10}$ ), по числу частиц (ультрадисперсные), или по химическому составу (например, сажа, органические соединения и тяжелые металлы) [17,166,167,228,229,241]. Эпидемиологические и токсикологические данные показывают, что в массе мелкодисперсных взвешенных частиц ( $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ) содержатся фракции разного вида и степени воздействия на здоровье [7, 17,18, 24,25, 184-186, 200, 213-216, 224,265, 268, 270]. Различные размеры частиц, их состав, а также характеристики могут соотноситься с конкретными источниками выбросов лучше, чем другие загрязнители воздуха и, следовательно, являются лучшими индикаторами загрязнения [58,144,149,150,257,261]. Таким образом,  $PM_{10}$  может быть индикатором при оценке воздействия дорожной пыли, в то время как сажа,  $PM_{2.5}$ , являются более точным индикатором выбросов выхлопных газов автомобильного транспорта [35, 65,191, 209, 233, 234, 236, 239,242,256]. Поскольку химический состав мелкодисперсных взвешенных частиц определить сложно, особенно по фракциям, их делят на углеродные и состоящие преимущественно из металлов и металлоидов [197, 249-252].

Следует отметить, что в методическом аспекте оценка рисков здоровью хорошо работает в тех случаях, когда есть четкая цикличность выбросов, вредных веществ, связанная, например, с временем суток или сезоном года и длительная идентичность воздействия [7,8,132-135,174, 227, 235].

## **1.2. Результаты исследований по оценке влияния загрязнений воздушной среды поллютантами антропогенного происхождения на здоровье населения и эффективность реализуемых мер профилактики (международная и отечественная практика)**

Загрязнение воздуха представляет глобальную опасность для здоровья, так как 9 из 10 человек в мире сегодня живут в местах, где качество воздуха не соответствует рекомендациям ВОЗ, и согласно прогнозам, изменение климата усугубит эту проблему [17,18, 60, 70, 71, 114, 116,117, 128, 138, 175, 251,255]. Из современных научных исследований необходимо получить знания, которые могут быть использованы для эффективного снижения заболеваний, обусловленных этой опасностью

Деятельность человека оказывает негативное воздействие на окружающую среду, загрязняя воду, которую мы пьем, воздух, которым мы дышим, и почву, на которой растут растения [123-127,148]. Хотя промышленный переворот привел к большому успеху с точки зрения технологии, общества, и спектра различных научных достижений, это также привело к выбросам огромных количеств загрязняющих веществ, вредных для здоровья человека. Без всяких сомнений, глобальное загрязнение окружающей среды является международной проблемой общественного здравоохранения. Очевидно, что урбанизация и индустриализация развивается небывалыми темпами во всем мире в нашу эпоху. Антропогенное загрязнение является одним из крупнейших фактором риска для здоровья во всем мире, учитывая, что на его долю приходится около 9 млн. смертей в год [201].

Миллионы людей ежедневно работают и проживают в условиях пылевого фактора, являющегося значимым фактором формирования заболеваний профессионального генеза, а также болезней органов дыхания, неизменно занимающих первое ранговое местов в структуре общей заболеваемости всех возрастных когорт населения [28,29,42,88,96, 102,103, 106, 109,110].

После десятилетий исследований, документирующих большой диапазон неблагоприятного воздействия на здоровье человека загрязнённого воздуха, остается один важный вопрос: зачем еще нужны дополнительные исследования,

если всё уже давно изучено [22,273]. Этот аргумент часто используется, поскольку нет достаточно убедительных доказательств, что регулируемое и незначительное загрязнение воздуха имеет много негативных последствий для здоровья и, следовательно, нет необходимости доказывать и дальше, что загрязнение воздуха является опасным для здоровья человека. Необходимо направить усилия на то, как смягчить последствия этого загрязнения. Однако в развитых странах, США, Великобритании, где уровень загрязнения воздуха достаточно низкий, появляются все новые свидетельства того, что неблагоприятные последствия для здоровья сохраняются в том числе на уровне ниже действующих нормативных ограничений [156,157, 274]. В таких обстоятельствах имеет большое значение формирование научной основы для пересмотра действующих гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха и воздуха рабочей зоны [156, 274]. Необходимо аргументированно ответить на вопрос действительно ли существующие промышленные выбросы не несут рисков здоровью? Несомненно, нужны новые методы, чтобы точно оценить риски при низких и очень низких уровнях загрязнения чтобы отделить истинные последствия для здоровья человека от «фонового шума» популяционной заболеваемости.

Вместе с тем, популяционные масштабы проблемы нарушений иммунной системы, определяют повышенное внимание к промышленным загрязнениям атмосферного воздуха твердыми частицами микронного и субмикронного размера (PM) [192,212, 221-223, 226,231,253]. Эти частицы, находясь непосредственно в атмосфере, вступают в химические и фотохимические реакции, образуют новые вещества, оказывающие непредсказуемые эффекты на живые организмы. Некоторые из вновь образующихся во внешней среде соединений являются более токсичными в сравнении с исходными веществами [155, 217-219].

Международная практика свидетельствует об эффективности ограничительных профилактических мероприятий, так, проведение жесткой ограничительной политики с 2005 по 2016 годы в штате Нью-Йорк в США в области качества воздуха позволило добиться снижения концентрации загрязнителей воздуха и существенно улучшить состояние здоровья населения в

целом [115,237]. В США реализуется практика оценки здоровья населения и экономических эффектов, по отношению к стоимости проводимых мероприятий, связанных, как правило, с определенными ограничительными или модернизационными усилиями [119]. Агентство по охране окружающей среды США (EPA) разработало методики оценки затрат на здравоохранение и соотношения затраченных средств и полученных выгод при образовании промышленных отходов, рассчитаны величины ожидаемых экономических эффектов от сокращения загрязнений окружающей среды [143, 245].

Однако, истинное значение принимаемых мер по контролю качества воздуха и эффективность ограничительных мероприятий для улучшения состояния общественного здоровья в настоящий момент не может быть точно определено. Эти методы можно применять и адаптировать для оценки положительных эффектов изменений показателей общественного здоровья от сокращения выбросов различных загрязнителей. Методы, используемые в настоящее время сосредоточены в основном на анализе данных по смертности и на некоторых нозологических формах, таких как частота сердечных приступов сердечно-сосудистых заболеваний или обострений астмы, или хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) [146,154,230,247,267]. Вместе с тем, важно рассматривать и обосновывать иные краткосрочные или долгосрочные показатели изменения здоровья населения, которые могли бы прогнозировать риск развития заболеваний, в частности, у отдельных лиц или групп населения повышенного риска, например, у детей и беременных женщин, не рассматривая население как однородную группу [16,64,103,258]. В этой связи, в настоящее время нет однозначных представлений об экспозиции различных поллютантов и причинно-следственных связях, специально разработанных и обоснованных методик для краткосрочных и долгосрочных эффектов, для воздуха рабочей зоны и атмосферного воздуха, оценок негативных эффектов загрязняющих веществ при различных сценариях воздействия [212].

В Китае, в настоящее время проводится подсчет количества ясных дней в году, и именно он расценивается как комплексный результат эффективности



мероприятий по снижению загрязнения воздуха. Ученые Китая используют собственные стандарты качества воздуха в помещениях в качестве политического инструмента, добиваясь улучшения качества атмосферного воздуха. Популяционные исследования демонстрируют наглядно эффективность данных мер. Установлено, что при соответствии воздуха в помещениях принятым стандартам для  $PM_{2.5}$ , отмечается существенное снижение показателей смертности детского населения и населения трудоспособного возраста, увеличиваются показатели ожидаемой продолжительности жизни [16,64,271]. Практика подтверждает актуальность исследований, направленных на оценку выгод для здоровья населения, связанных с достижением текущих и более жестких (расчетных) стандартов качества воздуха. Это направление исследований особенно важно в регионах с высоким загрязнением атмосферного воздуха, значительным количеством рабочих мест с воздействием пылевого фактора [206].

Для изучения воздействия загрязнителей воздуха на здоровье населения важное значение имеет определение концентраций не только тех веществ, которые определены как маркеры загрязнения воздуха (твердые частицы, оксид углерода, озон, диоксид азота, диоксида серы и свинца), но и синтетических химических веществ, широко используемых в промышленности, коммерческом и потребительском секторах [20, 24,25,136,148,264]. Некоторые из этих веществ относятся к категории летучих органических соединений. Многие из этих веществ (например, бензол, формальдегид) являются токсичными или канцерогенными. Некоторые из этих химических веществ имеют более высокие концентрации в закрытых помещениях, поскольку могут выделяться из строительных материалов и потребительских товаров.

Следует отметить, что не все в равной мере подвержены равнозначным рискам при одинаковом загрязнении воздуха. Выявление лиц, которые находятся в наиболее уязвимом положении для создания персонализированных превентивных стратегий для эффективной профилактики является одной из первоочередных задач современности [157,198]. К факторам, повышающим риски, можно отнести возраст, наличие хронических заболеваний, вредных привычек, нездоровое

питание, беременность [122,164,183]. Действующие в настоящее время методики оценки риска данные особенности не учитывают, что существенно огрубляет итоговые результаты и снижает их информационную значимость. Это направление исследований является недостаточно изученным и перспективным. В условиях глобального постарения населения, высокой распространенности нездоровых форм поведения и питания, вопросы персонализированного и когортного мониторинга с установлением причинно-следственных связей и построения математических моделей прогнозирования позволит выявить ранее неизвестные связи и перейти к расчёту точечного риска, риска с учетом особенностей населения, находящегося под воздействием фактора риска.

Для более глубокого понимания биологических механизмов, с помощью которых загрязнение воздуха влияет на здоровье человека, необходимы дополнительные исследования. Важно понимать, что приводит к конкретным клиническим исходам? Как развивается болезнь? Как изменяются функции органов, как протекают защитные реакции организма, в том числе воспалительный процесс? Как развивается иммунная дисфункция? Молекулярные реакции представляют в данном аспекте особый интерес в связи с технологическим прорывом в области биотехнологий. Важно понимать, как происходит повреждение ДНК, липидов и белков, как возникают метаболические нарушения. Такие механистические исследования, путем измерения отдельных факторов и условий, естественно, должны учитывать популяционную и индивидуальную восприимчивость организма.

Понимание закономерностей реализации рисков здоровью от реализуемой антропогенной нагрузки на окружающую среду имеет важное значение для комплексной оценки эффективности на индивидуальном и популяционном (групповом) уровне планирования и реализации профилактических мер. Для этого требуется точная оценка экспозиции, оценка социального поведения, оценка последствий для здоровья, и социально-демографические признаки (для целевых групп населения на уровне популяции), так как каждый из этих аспектов может повлиять на эффективность реализации мер, направленных на улучшение

состояния окружающей среды. Например, если предполагается рекомендовать носить маску, задерживающую  $PM_{2.5}$ , эффективность во многом будет зависеть от того, надета ли маска правильно, используется в периоды сильного загрязнения и подходят для соответствующих загрязняющих веществ.

Повышение доступности датчиков позволяет проводить персональный или групповой мониторинг загрязнения атмосферного воздуха для определения фактического уровня рисков. Кроме того, прогнозирование загрязнения, в сочетании с персональным мониторингом может помочь людям, особенно тем, которые особенно чувствительны к загрязнению воздуха или имеют высокие предопределенные риски, в реализации адекватных мер профилактики неблагоприятных для здоровья эффектов [187,195,225]. С точки зрения социального поведения, надо понять, какие характеристики людей, сделают их более склонными к сотрудничеству в реализации профилактических мероприятий, чтобы предпринимаемые меры были более эффективными и действительно снижали ожидаемые неблагоприятные последствия для здоровья.

### **1.3. Цементная пыль – как действенный фактор риска здоровью населения, проживающему в населенных пунктах размещения промышленных предприятий по производству цемента**

Цемент широко используется в строительстве, как связующее вещество в строительном растворе и бетоне (смеси цемента, гравия и песка).

Производство цемента включает в себя комплекс химических процессов, в ходе которых в окружающую среду выделяются углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), диоксид серы ( $\text{SO}_2$ ), летучие органические соединения, монооксид углерода ( $\text{CO}$ ), оксид азота ( $\text{NO}_2$ ) и частицы (PM), в т.ч. с диаметром менее 10 мкм [176].

Цемент состоит из окиси кальция ( $\text{CaO}$ , 62-67%) и кварцевого стекла ( $\text{SiO}_2$ , 17-25%) с меньшим количеством триоксида алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 3-8%), оксида железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0-5%), оксида магния ( $\text{MgO}$ , 1-2%), и других тяжелых металлов, таких как шестивалентный хром ( $\text{Cr}^{6+}$ ), никеля и других [204,266].

Процесс изготовления цемента состоит из нескольких этапов. Во-первых, это - добыча сырья и подготовка топлива, пирометаллургическое получение клинкера во вращающейся печи, помол клинкера и гипса, их смешивание, хранение, упаковка и отгрузка готовой продукции [204]. Цемент делается из промежуточного продукта, мелко измельченного клинкера, который образуется за счет высокой температуры при обжиге смеси известняка, песка и других материалов в печи. Топливо для печи обычно природный газ.

Пыль, образующаяся в результате добычи, транспортировки и измельчения песка и известняка, газ и дым, выходящие из печи, а также цементная пыль, образующаяся в результате транспортировки и фасовки цемента, являются основными загрязнителями территории производства и окружающей рекреационной зоны [20,66, 112].

В соответствии с действующими гигиеническими нормативами<sup>5</sup> значения предельно допустимой концентрации пыли неорганической, содержащей от 20 до

---

<sup>5</sup> СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

70% двуокиси кремния (пыль цементного производства: глина, глинистый сланец, доменный шлак, песок, клинкер, зола кремнезем и другие) составляет ПДК<sub>Мр</sub> = 0,3 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>Сс</sub> = 0,1 мг/м<sup>3</sup>; пыль неорганическая, содержащая менее 20% двуокиси кремния (пыль цементного производства: известняк, мел, огарки, сырьевая смесь, пыль вращающихся печей, боксит и другие) - ПДК<sub>Мр</sub> = 0,5 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>Сс</sub> = 0,15 мг/м<sup>3</sup>.

Химический состав обыкновенного портландцемента включает окись кальция от 60 до 70 %, диоксид кремния от 19 до 24 %, триоксид алюминия от 4 до 7%, окись железа от 2 до 6% и окись магния менее 5%. Глиноземистый цемент используется для изготовления строительного раствора или бетона с высокой начальной прочностью. Он приготавливается из смеси известняка и глины с высоким содержанием окиси алюминия (без наполнителей), который проходит стадию обжига при температуре более 1400° С. Химический состав глиноземистого цемента включает: окись алюминия: 50%, окись кальция - 40%; окись железа - 6%; диоксид кремния - 4%. Дефицит топлива приводит к увеличению производства цементов из природного мергеля, особенно на основе вулканического туфа (вулканической золы). В случае необходимости их обжигают при температуре 1200° С, а не 1400° С, как того требует технология производства портландцемента. Вулканический туф может содержать от 70 до 80% аморфного несвязанного кремнезема и от 5 до 10% кварца. В процессе обжига аморфный кремнезем частично преобразуется в тридимит и кристобалит. В карьерах по добыче глины, известняка и гипса, разрабатываемых для производства цемента, рабочие подвергаются воздействию вредных производственных факторов, связанных с повышенным уровнем запыленности при выполнении таких работ, как бурение и дробление, взрывы и обрушения скальных пород и грунта.

В ходе обработки цемента главная опасность состоит в том, что при этом образуется много пыли. Уровни запыленности на цементных производствах и в карьерах по мониторинговым данным составляют от 26 до 384 мг/м<sup>3</sup>. Наиболее опасные производственные участки - дробления и перемалывания сырья, просеивания породы, измельчения клинкеров, упаковки и погрузки цемента. При

переходе, на так называемую, мокрую технологию производства цемента, уровни запыленности воздуха существенно снижаются в 10 раз и более. А благодаря широкому применению электростатических фильтров, загрязнения воздуха по соседству с цементными заводами не превышают 5-10% от прежних показателей. Содержание несвязанного кремнезема в пыли во многом определяется его содержанием в сырье и в спекшемся клинкере или цементе. Около печей по обжигу известняка могут повышаться концентрации окиси углерода, составляя до 50 ppm от остаточных количеств. Таким образом, ключевыми мишенями риска формирования неблагоприятных эффектов для здоровья работающих на цементном производстве являются органы дыхания, кожа и нервная система.

Заболевания дыхательных путей составляют самую важную группу профессиональных болезней работников цементной промышленности. Среди наиболее распространенных респираторных заболеваний является хронический бронхит, часто ассоциируемый с эмфиземой легких. Из-за отсутствия в своем составе свободного кремнезема портландцемент не вызывает силикоз. Однако риски возникновения силикоза остаются, поскольку не исключается вредное воздействие сырьевых материалов, в которых содержание несвязанного кремнезема может достигать значительных вариаций. Запыление легких цементом, как правило после 5-10 лет контакта с вредным производственным фактором приводит к формированию точечного или сетчатого пневмокониоза. Цементная пыль имеет большое значение, как фактор риска в патогенезе хронического бронхита, бронхиальной астмы, хронической обструктивной болезни легких [121,129,140,152]. При обследовании состояния слизистой оболочки полости рта у работников цементного завода в Иране, Малайзии, были установлены специфические механические повреждения и очаги воспаления у всех работников, подвергающихся воздействию пыли цемента [272], также отмечалось снижение функции внешнего дыхания [207], респираторные симптомы от общего воздействия пыли, такие как кашель, обильное отделение мокроты [210].

В настоящее время описан патогенез цементной экземы, обусловленный присутствием в цементе шестивалентного хрома и цементного дерматоза,

обусловленного высокими уровнями содержания щелочи в цементе и в сырье цемента.

Неблагоприятные микроклиматические условия производства цемента обуславливают риски формирования нарушений опорно-двигательного аппарата в форме артритов, ревматизма, спондилита и миалгий, а также дисфункции периферической нервной системы, определяющей боли в пояснице, невралгии и радикулиты.

Исследования также показали, что цементная пыль может проникать в системный кровоток и достигать практически всех органов и систем, оказывая влияние на различные ткани, вызывать патологию сердечно-сосудистой системы, системы пищеварения, опорно-двигательного аппарата [204]. Таким образом, перечень органов-мишеней увеличивается.

Результаты многочисленных исследований показывают увеличение числа обострений заболеваний, связанных с выбросами цементных заводов, и госпитализаций населения, проживающего в населенных пунктах дислокации цементных производств [180]. Причем дети являются особо уязвимой категорией населения, поскольку они проводят больше времени на открытом воздухе [47, 96, 211].

Таким образом, многопараметрический характер атмосферных процессов, физико-химического состава примесей, пространственно-временной структуры источников загрязнения воздуха указывает на необходимость комплексных исследований по оценке и прогнозу состояния окружающей среды населенных пунктов, в том числе в рамках реализации задач социально-гигиенического мониторинга, Национальных проектов «Экология» и «Демография».

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### *2.1. Материалы исследования*

Объекты исследования – здоровье населения, технология производства цемента; свойства цементной пыли; содержание цементной пыли в атмосферном воздухе и снежном покрове; лабораторные животные (белые мыши, крысы).

Период наблюдения 2010-2019 гг.

Материалы исследования: данные территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Новосибирской области – данные о численности населения (n=10); материалы Федерального государственного бюджетного учреждения «Западно-Сибирского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» о климатических особенностях территории (среднемесячные показатели температуры воздуха (n=120), показатели относительной влажности воздуха (n=120), информация о средней скорости и направлениях движения воздуха (n=960) за 2010-2019 гг.; о результатах мониторинга загрязнений атмосферного воздуха на стационарных постах наблюдения (n=1200); информация Сибирского межрегионального управления Федеральной службы по надзору в сфере природопользования о выбросах в атмосферный воздух ОАО «Искитимцемент» и выбросах от всех стационарных (площадных) источников загрязнения атмосферного воздуха в г. Искитим Новосибирской области (форма 2-ТП воздух n=30). Результаты исследований снегового покрова, проведённые на базе ФГБУН Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова Сибирского отделения РАН (n=182) и на базе ФГБУН Новосибирский Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения РАН (n=185); результаты лабораторных исследований загрязнений атмосферного воздуха, проведённые ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Новосибирской области» в рамках социально-гигиенического мониторинга (n=1134); данные о заболеваемости населения по обращаемости за медицинской помощью и результатам медицинских осмотров по Новосибирской области, в т.ч. по г. Искитим (основная группа) и г. Бердск (контрольная группа) – форма №12 Федерального статистического наблюдения «Сведения о числе



заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации» (n=20); результаты собственных исследований (данные токсикологических исследований пыли цемента в острых, подострых экспериментах на лабораторных животных (n=386), материалы выкопировки информации о заболеваемости детей, материалы литературных источников о результатах научных исследований (n=274) в т.ч. 161 зарубежных источника по изучаемой теме.

Работа осуществлялась в соответствии с разработанным дизайном исследования (рис.1).

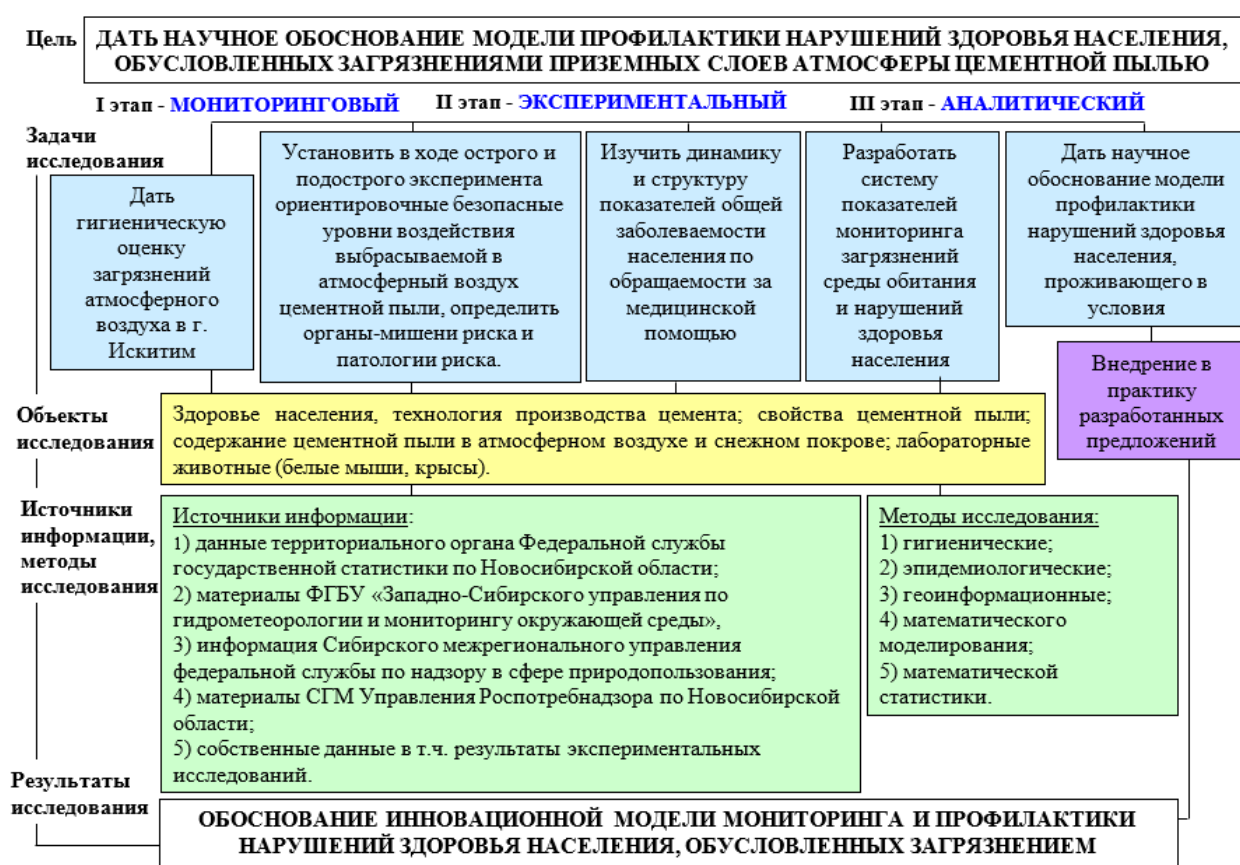


Рисунок 1 – Программа исследований

Программа исследования включала реализацию трех основных этапов исследования: 1) мониторинговый; 2) экспериментальный; 3) аналитический.

На мониторинговом этапе была собрана информация о технологии изготовления цемента и эффективности этапов очистки, фактических выбросах ОАО «Искитимцемент» в атмосферный воздух, результатах лабораторных

исследований загрязнения атмосферного воздуха, о показателях заболеваемости населения.

На экспериментальном этапе – в ходе острого и подострого эксперимента на лабораторных животных оценивались показатели токсичности пыли цемента, проводились расчёты показателей ОБУВ для разных путей поступления в организм (ингаляционный, пероральный, перкутанный), с использованием малопараметрической модели переноса проводились расчёты содержания вредных веществ в атмосферном воздухе в заданных координатах территории по исходным данным загрязнения атмосферного воздуха в единичных точках и данным по их содержанию в снеговом покрове с последующим картографическим отражением результатов применения математической модели.

В ходе аналитического этапа – были проведены стандартные процедуры оценки риска, с использованием дополнительных данных о факторах риска, полученных в ходе экспериментального этапа, рассчитаны показатели атрибутивного, непосредственного и относительного риска общей заболеваемости населения по обращаемости за медицинской помощью, установлены когорты риска и патологии риска, обусловленные загрязнениями атмосферного воздуха выбросами ОАО «Искитимцемент», рассчитаны показатели вероятности наступления неблагоприятных для здоровья эффектов, служивших основанием для обращения жителей территории риска за медицинской помощью в течение года.

## 2.2. Методы исследования

В работе были использованы гигиенические, эпидемиологические, математического моделирования, геоинформационные и статистические методы исследования.

Гигиенические методы включали оценку результатов лабораторного контроля загрязняющих веществ в пробах атмосферного воздуха посредством их сравнения с регламентированными значениями предельно допустимых концентраций максимально разовых, среднесуточных и среднегодовых концентраций вредных веществ, загрязняющих атмосферный воздух, регламентированных СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». В соответствии с данным документом под предельно допустимой максимальной разовой концентрацией понимались концентрации предотвращающие появление запахов, раздражающего действия и рефлекторных реакций при остром воздействии на протяжении менее 30 минут; под предельно допустимой среднесуточной концентрацией понимались концентрации, не превышение которых предотвращает риски развития неблагоприятных рефлекторно-резорбтивных и резорбтивных эффектов при воздействии в течение не менее 24 часов; под предельно допустимой среднегодовой концентрацией понималась концентрация, соблюдение которой обеспечивало допустимые уровни риска развития неблагоприятных эффектов при хроническом (не менее 1 года) воздействии загрязняющих атмосферный воздух веществ.

Расчётные процедуры оценки риска в работе проводились в соответствии с основными положениями Руководства по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду (Р.2.1.10.1920-04). В работе были реализованы стандартные этапы процедуры оценки риска: идентификация опасности, оценка экспозиции, оценка зависимости «доза-ответ», характеристика риска.

На этапе идентификации опасности были установлены вещества, загрязняющие атмосферный воздух выбросами ОАО «Искитимцемент»,

представляющие потенциальную опасность для здоровья населения. Для реализации данного этапа использовалась информация об инвентаризации вредных выбросов в атмосферный воздух; данные мониторинга содержания загрязнений атмосферного воздуха; информация о свойствах химических соединений, загрязняющих атмосферный воздух и информация о регистрируемой заболеваемости населения по обращаемости за медицинской помощью.

Уровни загрязнений приземных слоев атмосферы оценивались на регулярной основе на 2-х постах с использованием специального автомобиля по сокращенной программе комплексной лабораторией по мониторингу загрязнения окружающей среды г. Искитима. Контроль на стационарных постах наблюдения производился за содержанием пыли, диоксида серы, оксида углерода, оксида/диоксида азота, бенз(а)пирена, сероводорода и сажи.

На этапе оценки экспозиции: определение экспозиционной нагрузки проводилось с учетом лабораторных данных мониторинга содержания загрязнений в атмосферном воздухе и расчётных данных, полученных в результате использования малопараметрической модели пересчёта результатов загрязнений снегового покрова на загрязнение атмосферного воздуха. Далее проводилось моделирование загрязнения атмосферы с получением максимальных разовых, среднесуточных и среднегодовых концентраций в рецепторных точках. Моделирование концентраций осуществлялось в соответствии с МР «Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе», утв. приказом Минприроды России от 06.06.2017 №273.

Для расчета осредненных за длительный период (год, сезон) концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе использовался расчетный блок «Средние» УПРЗА ЭКОЛОГ, версия 4.6 ФИРМА "ИНТЕГРАЛ".

При расчетах приземных концентраций использовался метеофайл, как дополнительный модуль к программному комплексу «Эколог», величина безразмерного коэффициента  $F$ , учитывающего скорость оседания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, для аэрозолей и газообразных веществ принята равной 1. Подбор метеопараметров производился программой УПРЗА «Эколог»

автоматически по специальному алгоритму, согласно которому в каждой точке осуществляется оптимальный перебор попарно различных скоростей ветра (от 0,5 м/с до  $U$ ) и направлений ветра (от 0 до 360°С с шагом 1°С), на основании чего программа выдает значения приземной концентрации для пары наиболее опасных метеопараметров.

Для оценки экспозиции населения выполнялось сопряжение результатов расчетов с электронным картографическим материалом. Для оценки численности населения, проживающего в конкретной зоне поселения, карты сопрягались с адресным реестром.

На этапе оценка доза-ответ расчёты проводились с учетом «стандартных» значений скорости ингаляции для взрослых (20 м<sup>3</sup>/день) и детей (10 м<sup>3</sup>/день), оценивалось наличие (отсутствие) количественных связей между показателями здоровья и уровнями экспозиции.

На этапе характеристики риска давалась интерпретационная качественная оценка установленным количественным показателям риска.

С целью методической проработки интерпретации значений не канцерогенного риска в работе также использовались расчеты относительного, непосредственного и атрибутивного рисков. Относительный риск рассчитывался как отношение показателей заболеваемости в группе лиц, подвергающихся влиянию изучаемого фактора (г. Искитим, Новосибирская область) к тем же показателям у лиц не подверженных влиянию этого фактора (г. Бердск, Новосибирская область). Непосредственный риск определялся как разность показателей заболеваемости у лиц, подверженных и не подверженных действию фактора. Атрибутивный риск, оценивался как доля заболеваемости, связанная с изучаемым фактором риска, в нашей работе связанный с загрязнением атмосферного воздуха выбросами ОАО «Искитимцемент».

Для построения математической модели рассеивания веществ загрязняющих атмосферный воздух использовались материалы Федерального государственного бюджетного учреждения «Западно-Сибирского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» о климатических особенностях территории

(среднемесячные показатели температуры воздуха, показатели относительной влажности воздуха, информация о средней скорости и направлениях движения воздуха; о результатах мониторинга загрязнений атмосферного воздуха на стационарных постах наблюдения; информация Сибирского межрегионального управления Федеральной службы по надзору в сфере природопользования о выбросах в атмосферный воздух ОАО «Искитимцемент» и выбросах от всех стационарных (площадных) источников загрязнения атмосферного воздуха в г. Искитим Новосибирской области. Результаты исследований снегового покрова, проведённые на базе ФГБУН Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова Сибирского отделения РАН и на базе ФГБУН Новосибирский Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения РАН.

В основу расчетного способа были положены постановки обратных задач переноса и диффузии примесей в атмосфере, позволяющие установить закономерности между модельными описаниями процессов переноса примеси и данными наблюдений полей аэрозольных выпадений пыли. Использование теории подобия в описании процессов распространения примесей для типичных состояний приземного слоя атмосферы и характеристик выбросов позволяет по сравнительно небольшому числу точек ( $n=3-10$ ) провести реконструкцию полей длительных (зимних) выпадений загрязняющих веществ. С использованием малопараметрических моделей реконструкции полей аэрозольных выпадений и результатов экспериментальных исследований загрязнения снежного покрова пылью в окрестностях ОАО «Искитимцемент» проводилась оценка загрязнения атмосферного воздуха относительно фоновых условий.

Учитывая, что в зимнее время для территорий с устойчивым снежным покровом, естественным планшетом-накопителем атмосферных выпадений загрязняющих химических веществ от источников выбросов является снежный покров, и именно он и использовался для оценки суммарных сезонных выпадений загрязняющих химических веществ. Численное восстановление выпадений загрязняющих химических веществ проводилось по упорядоченному набору точек измерений, расположенных на радиальных маршрутах пробоотбора снега. Химико-

аналитическими методами определялись концентрации загрязняющих химических веществ в талой снеговой воде. Характеристику химического состава снежного покрова проводили в аккредитованном Центре по общепринятым методам в соответствии с РД 52.04.667-2005. Поля поверхностных выпадений загрязняющих веществ ( $\text{г}/\text{м}^2$ ), относящиеся к осреднению за зимний период времени, устанавливались расчётными методами. В основу расчётов полей выпадений загрязняющих веществ с использованием моделей реконструкции положен метод агрегирования параметров. В состав необходимой входной информации для проведения расчётов по моделям реконструкции входили координаты источника и точек отбора снега на карте местности, значения измеренных в этих точках концентраций ( $\text{г}/\text{л}$ ), массу снега ( $\text{кг}$ ) и площадь пробоотбора ( $\text{м}^2$ ), повторяемость направлений ветра в зимнее время (роза ветров). Функция распределения спектра размеров частиц также входила в набор агрегированных параметров моделей реконструкции. Построение итоговых карт загрязнения атмосферного воздуха и снежного покрова выбросами ОАО «Искитимцемент» проводилось на основе результатов малопараметрической реконструкции аэрозольных полей в окрестностях источника с использованием градаций выпадений пыли ( $\text{кг}/\text{км}^2$  в сутки) и суммарных показателей концентрации химических элементов в пыли, уловленной снежным покровом (в  $\text{мг}/\text{кг}$ ).

Оценивание полей концентрации полидисперсных примесей в заданном радиальном направлении от источника проводилось с использованием установленных регрессионных зависимостей, математическое моделирование выполнено в Институте вычислительной математики и математической геофизики СО РАН. Маршруты отбора проб снега располагались по восьми румбам относительно границ промышленной площадки ОАО «Искитимцемент». Точки наблюдений находились в диапазоне расстояний от 0,4 до 3 км. Отбор проб снега проводили с помощью пластмассовой трубы диаметром 10 см. В каждой точке отбора проводилась выемка от 2 до 10 кернов снега. Пробы снега таяли при комнатной температуре, талая вода фильтровалась.

Расчётные процедуры осуществлялись с помощью специально разработанного программного комплекса. Комплекс реализован с использованием программных средств Visual Basic for Applications (VBA). Программный комплекс предназначен для решения задач, связанных с расчётами аэрозольных выпадений загрязняющей примеси в окрестности площадного (стационарного) источника выбросов в зимний период времени по оценке суммарных выпадений примеси в радиальных, относительно источника выброса участках. Расчёты проводятся по заданному алгоритму построения восстановленных полей концентраций [55,108]. В качестве входной информации вносились данные о метеоусловиях, особенностях территории и ее застройке, объемах выбросов, режиме работы источника выбросов (ОАО «Искитимцемент»), результатах лабораторных исследований талой воды, отобранной в точках снегоотбора. Исследование химического состава снеговой воды и выделенного осадка проводились в аккредитованных лабораториях Института неорганической химии СО РАН. Повторяемость направлений исходно задавалась 8-ми румбам. Для непрерывного описания распределений между румбами использовалась линейная интерполяция по углу  $\varphi$ . Использование контрольных точек наблюдений позволило обеспечить должную надежность используемой модели и исключить влияние иных дополнительных локальных источников выброса пыли.

Результаты восстановления пространственных выпадений загрязняющих веществ позволяют оценивать уровни опасности загрязнения. Для пыли цемента и ее соединений использовались 4 градации уровней выпадений (кг/км<sup>2</sup> в сутки): низкий (I) - 100-250 кг/км<sup>2</sup> в сутки; средний (II) – 250-450 кг/км<sup>2</sup> в сутки; высокий (III) – 450-850 кг/км<sup>2</sup> в сутки; очень высокий (IV) – больше 850 кг/км<sup>2</sup> в сутки.

Изучение острых и подострых показателей токсичности образцов пыли цемента ОАО «Искитимцемент» проводилось при ингаляционном введении цементной пыли в организм лабораторных животных в пылевых затравочных камерах. Конструкция затравочных камер исключала попадание цементной пыли на шерстный покров животных. Острые опыты проводились с группами животных, подвергаемых воздействию цементной пыли в концентрациях: 5,0-10,0-20,0-40,0-



80,0-160,0 мг на литр воздуха. В каждой группе было по десять животных. Продолжительность затравки составляла 4 часа. Наблюдение за животными для учета летальных эффектов и визуальных признаков интоксикации проводилось в течение 14 дней. Для определения среднесмертельных доз при внутрижелудочном поступлении в организм лабораторных животных (самки крыс линии Wistar 2,5 мес. возраста, массой 250-280 г. (n=40) и белых мышей (n=40). Животные содержались в условиях лабораторного вивария по 10 особей в клетке. На протяжении 2-х недель до начала эксперимента животные находились на стандартной диете, им был обеспечен свободный доступ к воде, обычный световой режим. Эксперимент проводился в соответствии с правилами, принятыми Европейской конвенцией по защите животных, используемых для экспериментальных научных целей (Страсбург, 1986г.).

Для эксперимента цементную пыль однократно вводили в виде суспензии в растительном масле. Были испытаны дозы: 100 – 300 – 1000 – 3000 - 6000 мг/кг. Время наблюдения за состоянием лабораторных животных составляло 14 суток. В качестве интегральных показателей острой токсичности были использованы суммационно-пороговый показатель (СПП) по унифицированной методике и показатель адаптационных реакций на основе лейкоцитарной формулы по методике М.А. Уколова - Х.Л. Гаркави в модификации В.А. Копанева, Л.Г. Коваленко.

Для оценки раздражающего и аллергенного действия цементной пыли ОАО «Искитимцемент» были проведены исследования на половозрелых крысах самцах (n=42). Животные были разделены на семь групп (одна контрольная и по три опытных). Для изучения кожно-раздражающего действия пыли, растворы пыли готовили на дистиллированной воде в концентрации 10%, 1,0% и 0,1%. Подопытных животных помещали в индивидуальные клетки-пеналы, а хвосты опускали в пробирки с водным раствором пыли на 1 час ежедневно (у контрольной группы в чистую дистиллированную воду) в течение 14 дней. Ежедневно следили за поведением животных, отмечая местную и общую реакцию.

Расчёты экспериментально установленных значений ориентировочных безопасных уровней воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе определялись в соответствии с методическими указаниями по установлению ориентировочных безопасных уровней воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (№ 2630).

Учитывая длительный латентный период формирования соматической заболеваемости, оценка здоровья населения проводилась по показателям превалентной заболеваемости. Под показателями превалентной заболеваемости населения по обращаемости за медицинской помощью (prevalence), понималось отношение числа всех зарегистрированных заболеваний в календарном году к среднегодовой численности населения изучаемой возрастной группы («0-14 лет», «15-17 лет» и «18 лет и старше»).

Сравнительная оценка заболеваемости населения (по обращаемости за медицинской помощью) проводилась по двум территориям:

– г. Искитим (условно грязная территория - территория, на которой расположены промышленные предприятия, источники пыли цемента, в т.ч. PM<sub>2,5</sub> и PM<sub>10,0</sub>) – территория «наблюдения»;

– г. Бердск (условно чистая территория - территория, на которой отсутствуют источники загрязнения атмосферного воздуха пылью, в т.ч. частицами PM<sub>2,5</sub> и PM<sub>10,0</sub>) – «контрольная» территория.

Показатель среднемноголетней заболеваемости (MZ) рассчитывался как отношение числа обращений за медицинской помощью в год и периодов наблюдения (количество лет) к численности населения соответствующей возрастной группы.

Относительный риск возникновения заболеваний для отдельных групп населения определялся как вероятность отклонения показателя от стандартной (фоновой или контрольной) величины. Расчет фоновых значений производился на основе информации о показателях по всем исследуемым группам населения не менее, чем за 10 лет. За фоновый показатель принималась средняя величина из трех минимальных значений по каждому из рассматриваемых видов патологий.

Полученные прогнозные фоновые значения использовались для определения показателей относительного эпидемиологического риска.

Значения относительного риска приводились к соответствующим значениям достоверностей PR по функциям распределения Стьюдента, либо нелинейной функции, аналогичной функции нормального распределения:

Величина относительного риска определялась при помощи осреднения значения относительного риска по указанному признаку.

Аналогичным способом оценивался риск по отдельным видам патологий. Далее оцениваемые безразмерные показатели с помощью функции экспоненты переводились в размерный интервал от 0 до 1. При заданных параметрах нормального распределения выделялось 4 интервала, соответствующих различной степени риска нарушений здоровья: 1.  $PR_j < 0,312$  – минимальный риск; 2.  $0,313 < PR_j < 0,500$  – умеренный риск; 3.  $0,501 < PR_j < 0,688$  – повышенный риск; 4.  $PR_j < 0,689$  – высокий риск.

Материалы исследования, отражающие показатели, характеризующие загрязнение атмосферного воздуха, заболеваемости населения, а также данные полученные в ходе эксперимента были подвергнуты статистической обработке с использованием методов параметрического и непараметрического анализа, кластерного анализа, а также методики интегральной оценки совокупности показателей [45, 53, 58, 72, 121]. Накопление, корректировка, систематизация, статистический анализ исходной информации и визуализация полученных результатов проводилась в электронных таблицах «Excel». биометрический анализ осуществлялся с использованием пакетов Statistica-10.0, возможностей Microsoft Excel. Выбор методов статистической обработки изучаемых информационных массивов был обусловлен характером распределения изучаемых признаков. проверка нормальности распределения производилась с использованием метода Шапиро-Уилки, проверка гипотез о равенстве генеральных дисперсий осуществлялась с помощью критерия Левене. Средние выборочные значения количественных признаков приведены в тексте в виде  $m \pm Se$ , где  $m$  – среднее выборочное,  $Se$  – стандартная ошибка среднего. для сравнения числовых данных

двух независимых групп использовался t-критерий Стьюдента и метод углового преобразования Фишера [103]. во всех процедурах статистического анализа критический уровень значимости  $p$  принимался равным 0,05. анализ динамических рядов показателей проводился с выравниванием методом наименьших квадратов и расчетом показателей темпа прироста (снижения), выраженным в процентах.

### **ГЛАВА 3. ОАО «ИСКИТИМЦЕМЕНТ» КАК ОСНОВНОЙ ГРАДООБРАЗУЮЩИЙ ФАКТОР И КЛЮЧЕВОЙ ИСТОЧНИК РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ г. ИСКИТИМА**

#### **3.1. Климатогеографическая характеристика г. Искитима**

Новосибирская область не относится к экологически неблагополучным территориям России. Вместе с тем, принимая во внимание, планируемое увеличение нагрузки на окружающую среду, при обеспечении плановых показателей развития территории, вопросы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия и экологической безопасности приобретают особую актуальность, требуют реализации действенных и исчерпывающих мер профилактического характера, обеспечивающих надежную защиту населения от неблагоприятного воздействия факторов внешней среды.

Исследование проводилось на территории г. Искитима Новосибирской области, территории размещения промышленных узлов, интенсивно загрязняющих атмосферный воздух (цементный завод, завод асбестоцементных изделий, комбинат строительных материалов, камнеобрабатывающий завод, заводы железобетонных изделий, асфальтный завод, известняковый карьер).

Город Искитим располагается в пригородной зоне г. Новосибирска. Общая площадь составляет 6218 га. Основная часть города находится на левом берегу р. Бердь и вытянута с севера на юг на расстояние до 12 км, с запада на восток на 8 км (рис.2).



Рисунок 2 – Карта г. Искитим Новосибирской области

На протяжении длительного периода времени в Искитиме регистрируется неблагоприятная медико-демографическая ситуация. С 2010 г. по настоящее время отмечалась негативная динамика рождаемости населения с темпом убыли 7,6% в год; с 2015 г. - негативная динамика смертности населения с темпом прироста 1,2% в год. Темпы естественной убыли населения составляют 1,4 на 1000 нас. в год. В результате, за 10 лет численность населения сократилась на 11,2 % и составила в 2020 г. 56 033 чел. [49].

Большое значение в формировании закономерностей переноса примесей в атмосферном воздухе имеет климат. По данным Федерального государственного бюджетного учреждения «Западно-Сибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС») климат в целом по Новосибирской области расценивается, как континентальный; среднегодовые сезонные показатели температуры воздуха в зимний период за 10 лет (2010-2019 гг.) соответствуют минус 17,5<sup>0</sup>С, в весенний период - + 3,4<sup>0</sup> С, летний период - + 18,3<sup>0</sup> С, в осенний период - +1,9<sup>0</sup>С. Среднегодовые сезонные показатели относительной влажности воздуха в зимний период составляли 72,2-82,4%; весной – 61,3-72,5%, летом 66,5-77,3%, осенью – 75,8-83,8%. Наибольшие колебания среднегодовых значений температуры были характерны для осеннего и

зимнего периодов (рис.3.); относительной влажности воздуха – для весеннего периода (рис.4.).

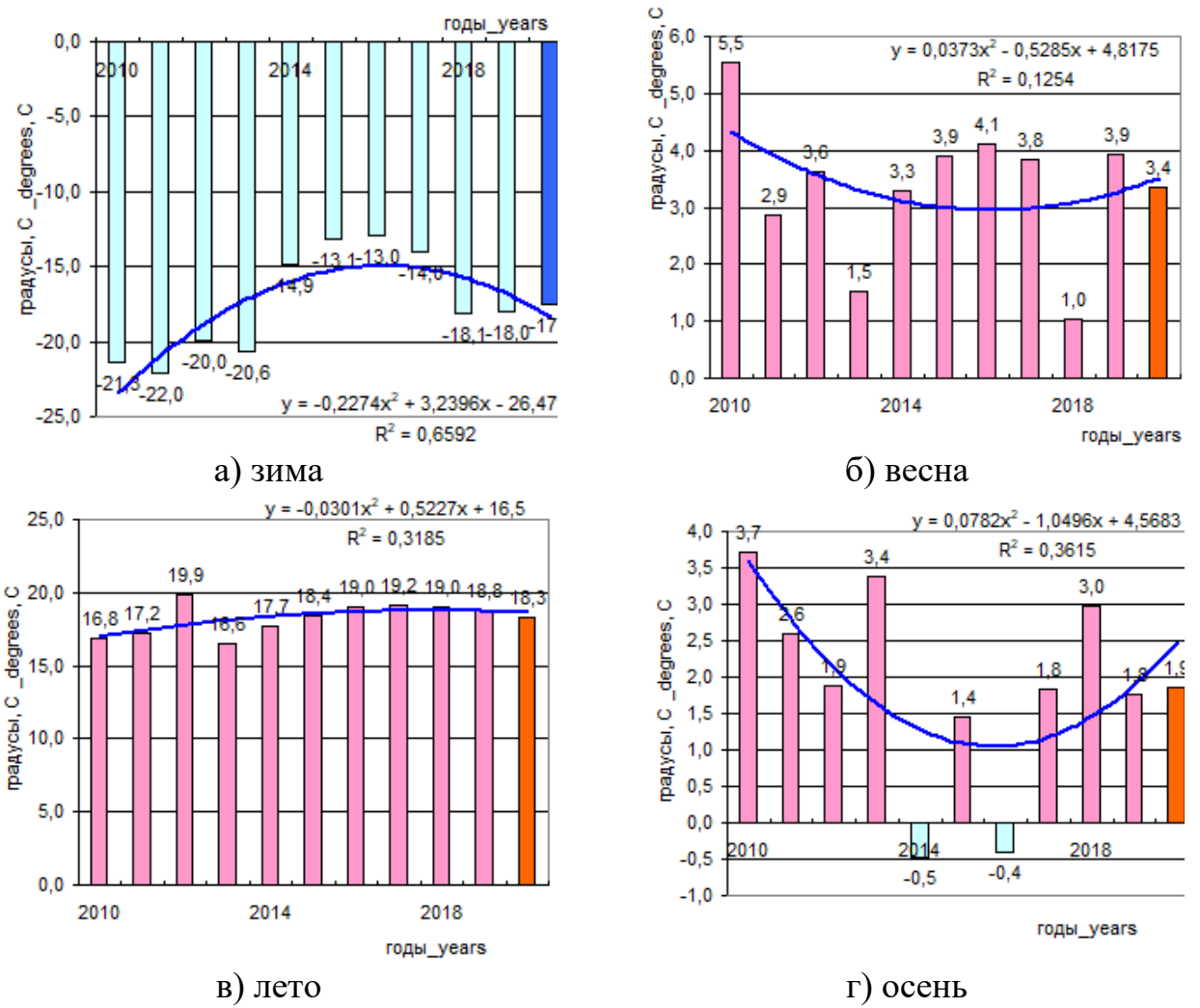
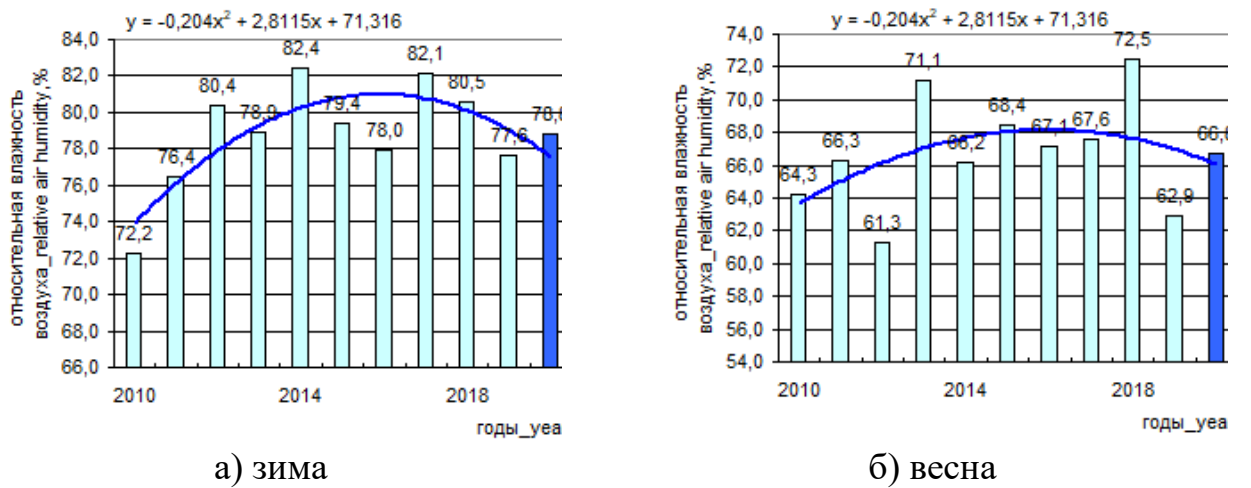


Рисунок 3 - Динамика среднемноголетних сезонных показателей температуры воздуха в г. Искитиме за 2010-2019 гг.



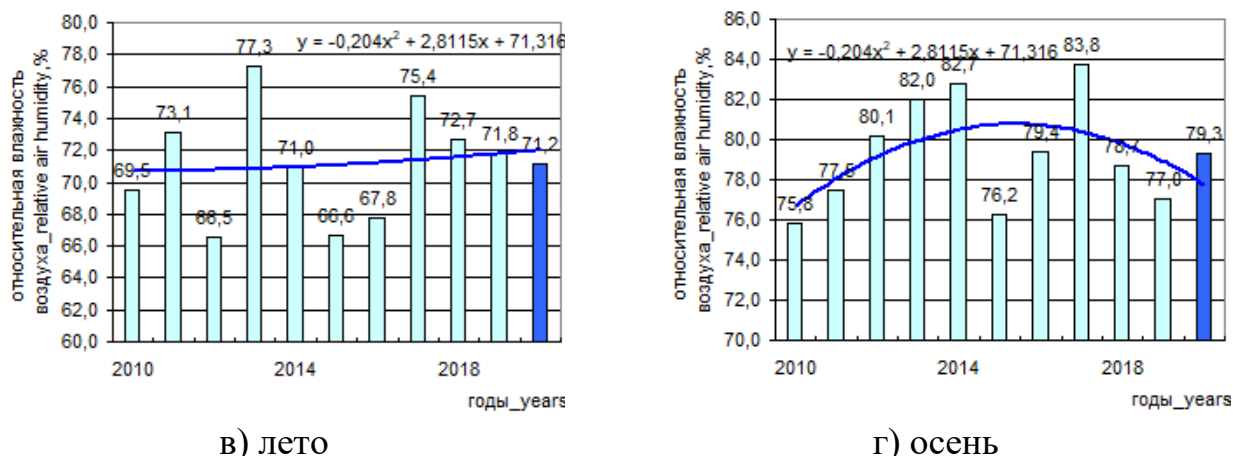


Рисунок 4 - Динамика среднеголетних сезонных показателей относительной влажности воздуха в г. Искитиме за 2010-2019 гг.

Территория Искитима, согласно климатическому районированию, характеризуется суровой и длительной зимой, большими объемами снеготранспорта, сильными ветрами, коротким световым годом. Снежный покров сохраняется в среднем 161 день в году. Высота снежного покрова зимой составляет в среднем около 37 см.

Среднегодовые среднесезонные показатели скорости движения воздуха в зимний период составляли 1,3- 2,8 м/сек (средний показатель – 2,2 м/сек); весной – 2,3-3,4 м/сек (средний показатель – 2,7 м/сек); летом – 1,7-2,4 м/сек (средний показатель – 1,9 м/сек), осенью – 2,1-2,8 м/сек (средний показатель – 2,5 м/сек).

Среднегодовое количество осадков за период 2010-2019 гг. составляло за период наблюдения 514 мм в год. При этом, их основная часть стабильно приходилась на теплый период года с максимумом выпадения в июле. В течение зимы количество осадков в связи с низкими температурами воздуха было незначительным. Минимальное количество осадков отмечалось в феврале-марте.

Оценка повторяемости направлений ветра за 10-летний период свидетельствовала о суммарном преобладании ветров южного и юго-западного направлений с наименьшей повторяемостью ветров восточного и северо-восточного направлений (табл.1). В зимний период на южное и юго-западное направления приходилось суммарно 66,0% всех ветров; весной – 47,6%, осенью – 51,2%. Летом выраженного преобладания ветров южного и юго-западного



направлений не отмечалось. Селитебная зона в Искитиме располагается с подветренной стороны (с учетом преобладающих направлений ветров) по отношению к цементному заводу.

Таблица 1 - Повторяемость направления ветра (в % по сезонам года за 2010-2019 гг.)

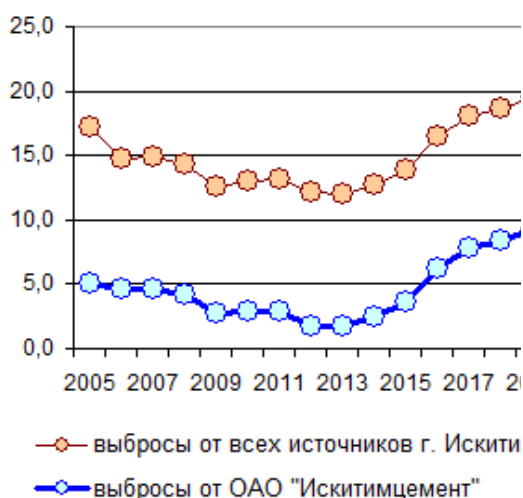
Период года	С*	СВ*	В*	ЮВ*	Ю*	ЮЗ*	З*	СЗ*	Итого
Зима	3,4	0,7	0,6	16,1	31,5	34,5	9,7	3,5	100,0
Весна	7,8	2,8	3,8	10,7	19,0	28,6	17,6	9,7	100,0
Лето	14,9	8,5	6,7	15,9	13,6	16,8	12,0	11,6	100,0
Осень	7,1	3,3	3,4	14,8	22,3	28,9	12,8	7,4	100,0
Средние за год	8,3	3,8	3,6	14,3	21,6	27,2	13,0	8,1	100,0
Примечание*: С- север; СВ – северо-восток; В – восток; ЮВ – юго-восток; Ю – юг; ЮЗ – юго-запад; З – запад; СЗ – северо-запад.									

Радиационная обстановка в 2010 -2019 гг. в Искитиме была стабильной. В структуре доз облучения 89,4% годовой эффективной коллективной дозы облучения населения приходилось на природные источники ионизирующего излучения, в основном, за счет облучения радоном и продуктами его распада. Средняя годовая эффективная доза облучения на 1 жителя от всех источников ионизирующего излучения стабильно составляла 4,01-4,09 мЗв/год (норматив – не более 20 мЗв/год).

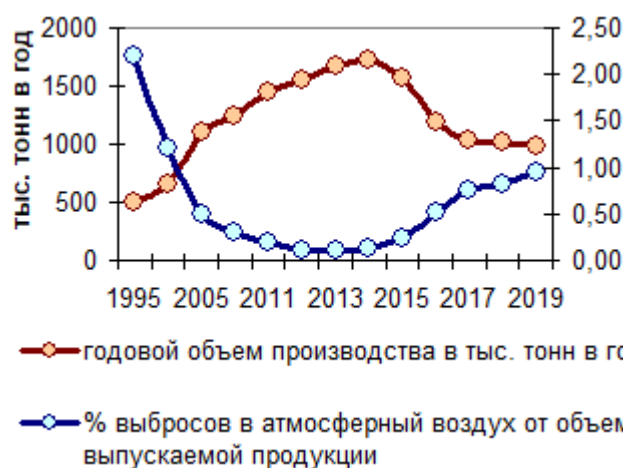
### 3.2. Характеристика г. Искитима, как промышленного центра

Город Искитим представляет собой типичный промышленный центр с небольшой численностью (менее 100 тыс. чел.). Ключевая специализация промышленных предприятий г. Искитима связана с наличием в недрах территории расположения города запасов известняка, строительных камней, глинистого сланца. Основные градообразующие предприятия – цементный завод, завод асбестоцементных изделий, комбинат строительных материалов, камнеобрабатывающий завод, два завода железобетонных изделий, асфальтный завод, известняковый карьер. Территория промышленного назначения составляет 18,6%.

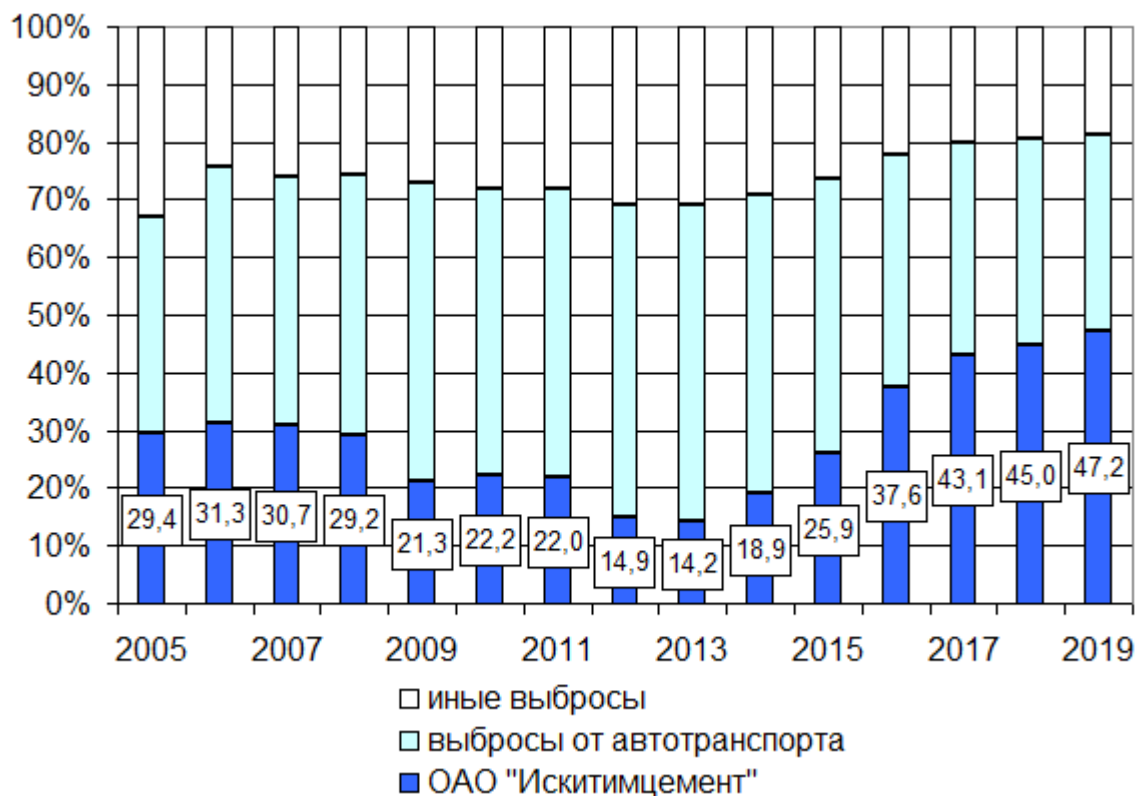
За период 2005-2019 гг. суммарные валовые выбросы в атмосферный воздух в соответствии с материалами Управления Росприроднадзора по Новосибирской области составляли от 12,0 до 19,5 тыс. тонн. Выбросы ОАО «Искитимцемент» в суммарной структуре выбросов составляли 14,2-47,2% (рис. 5а, 5в). Динамика количественных показателей валовых выбросов свидетельствовала о постепенном сокращении валовых выбросов АО «Искитимцемент» за период с 1995 г. по 2013 г. В период с 2013 г. по 2019 г. с данным показателем увеличился в 2,4 раза (рис. 5б). Постепенное снижение в структуре валовых выбросов удельного веса иных неподвижных (стационарных) источников за период 2013-2016 гг. в г. Искитиме было обусловлено переводом на газ с печного отопления частного сектора города более 400 домов ежегодно.



а) количество тыс. тонн в год



б) ОАО «Искитимцемент»



в) структура выбросов (в%)

Рисунок 5 - Динамика валовых выбросов в атмосферный воздух в тыс. тонн и их структура от источников выбросов за 1995 - 2019 гг. (по данным ф. 2-ТП воздух)

От передвижных источников (автотранспорта) в атмосферный воздух г. Искитима ежегодно выбрасывается в пределах 6,4-6,5 тонн в год. В структуре выбросов более 90,0% приходится на оксид углерода, бензин и диоксид азота. Также в структуру выбросов входят канцерогены: сажа, бенз(а)пирен, формальдегид, ацетальдегид, свинец. На них суммарно приходится порядка 2,0% всех выбросов.

Наблюдения ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» за уровнем загрязнений приземных слоев атмосферы осуществляются на регулярной основе на 2-х постах с использованием специального автомобиля по сокращенной программе комплексной лабораторией по мониторингу загрязнения окружающей среды г. Искитима. Контроль на стационарных постах наблюдения производился за

содержанием пыли, диоксида серы, оксида углерода, оксида/диоксида азота, бенз(а)пирена, сероводорода и сажи.

Среднегодовая концентрация взвешенных веществ за период наблюдения (2010-2019 гг.) стабильно составляла 1,2-1,4 ПДК, диоксида азота составляла 1,1-1,6 ПДК, оксида углерода - 1,2 ПДК, бенз(а)пирена - 2,4 ПДК. Максимально разовые концентрации взвешенных веществ за период наблюдения составляли 1,5-1,9 ПДК, по диоксиду серы и сероводороду были ниже 1,0 ПДК.

Было установлено, что в периоды неблагоприятных метеорологических условий, кроме пыли и бенз(а)пирена, в санитарной зоне максимально разовые концентрации превышали значения предельно допустимых концентраций еще по двум веществам – диоксиду азота и саже (4,5-4,9 ПДК<sub>мр.</sub>).

В соответствии с критериями оценки загрязнения атмосферного воздуха по индексу загрязнения атмосферы (ИЗА5) повышенным уровнем загрязнения считается воздух при ИЗА5 от 5 до 6, высоким при ИЗА5 от 7 до 13, очень высоким при значениях 13 и выше. Согласно данным центра мониторинга загрязнения окружающей среды ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» в Искитиме уровень загрязнения атмосферного воздуха по величине ИЗА5 за анализируемый период находился в диапазоне от 6,0 до 10,0 (высокий уровень загрязнения). Наибольший вклад в ИЗА5 стабильно вносили бенз(а)пирен и взвешенные вещества.

Проанализированы результаты лабораторных исследований содержания вредных веществ в атмосферном воздухе в санитарно-защитной зоне АО «Искитимцемент» (n=1134). Максимальные из разовых концентраций взвешенных веществ составляли за период наблюдения 1,6 – 3,2 ПДК (в 1 км от источника), диоксида азота - 0,6 ПДК, оксида углерода - 1,6 ПДК (1 км от источника). В целом, подфакельные наблюдения за загрязнениями атмосферного воздуха от выбросов ОАО «Искитимцемент» позволили выявить превышения максимально разовых предельно допустимых концентраций взвешенных веществ в 1,8 раза на расстоянии 1 км и более от границы санитарно-защитной зоны источника выбросов.

Оценка мнений жителей г. Искитима по данным анкетирования, проведенного Департаментом природных ресурсов и охраны окружающей среды, показала, что, 43,4% респондентов озабочены состоянием окружающей среды и считают, что ситуация постепенно ухудшается за счет загрязнений атмосферы [70].

### **3.3. Сравнительная характеристика заболеваемости населения территории «наблюдения» - г. Искитим и «контрольной» территории – г. Бердск**

Сравнительная оценка заболеваемости населения (по обращаемости за медицинской помощью) проводилась по двум территориям:

– г. Искитим (условно грязная территория - территория, на которой расположены промышленные предприятия, источники пыли цемента, в т.ч. РМ<sub>2,5</sub> и РМ<sub>10,0</sub>) – территория «наблюдения»;

– г. Бердск (условно чистая территория - территория, на которой отсутствуют источники загрязнения атмосферного воздуха пылью, в т.ч. частицами РМ<sub>2,5</sub> и РМ<sub>10,0</sub>) – «контрольная» территория.

При сравнительной оценке заболеваемости детей (0-14 лет) по официальным данным Минздрава Новосибирской области (Ф № 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации» за 2010-2019 гг.) было установлено, что в структуре общей заболеваемости (по обращаемости за медицинской помощью) на двух территориях (территория «наблюдения» и «контрольная» территория) первое ранговое место занимали болезни органов дыхания с удельным весом в 64,2% на территории «наблюдения» и 59,1% - на «контрольной» территории. Второе ранговое место занимали болезни органов пищеварения, составившие соответственно 5,8% и 5,4%. По последующим ранговым местам в структуре заболеваемости детей на сравниваемых территориях имелись различия. Так, на территории «наблюдения» третье ранговое место занимали болезни костно-мышечной системы (4,1%), четвертое место – болезни глаз (3,7%), пятое место – болезни нервной системы (3,5%). На «контрольной» территории – третье ранговое место заняли травмы и отравления (5,3%), четвертое - болезни костно-мышечной системы (4,2%), пятое – болезни глаз (3,9%) – табл. 2.

Сравнительная оценка среднемноголетних интенсивных показателей общей заболеваемости детей (по обращаемости за медицинской помощью) позволила выявить классы заболеваний, по которым на территории «наблюдения»

регистрировались более высокие уровни заболеваемости в сравнении с «контрольной» территорией ( $p \leq 0,05$ ). В том числе:

- 1) болезни кроветворных органов;
- 2) болезни эндокринной системы;
- 3) болезни системы кровообращения.

Более высокие уровни заболеваемости на «контрольной» территории отмечались по следующим классам – 1) болезни мочеполовой системы; 2) травмы и отравления (табл. 2).

Учитывая, что принципиальным отличием территорий (наблюдения и контроля) был пылевой фактор, в связи с наличием или отсутствием на территории промышленных объектов, загрязняющих атмосферный воздух пылью цемента, частицами РМ 2,5 и РМ 10,0, а ожидаемым органом мишенью были органы дыхания, детально изучались показатели структуры заболеваемости органов дыхания по отдельным заболеваниям и интенсивные показатели по ним (табл. 3).

Таблица 2 - Результаты ранжирования среднемноголетней заболеваемости детей от 0 до 14 лет за период 2010-2019 гг. (на 100 тыс.)

Показатели	Структура в % и результаты ранжирования			
	ТН		КТ	
	%	ранг	%	ранг
Инфекционные и паразитарные болезни	3,3	6	3,6	6
Новообразования	0,5	15	0,4	15
Болезни кроветворных органов	1,1	12	0,5	13
Болезни эндокринной системы	1,8	10	1,4	12
Психические расстройства	1,9	9	2,1	10
Болезни нервной системы	<b>3,5</b>	<b>5</b>	3,3	7
Болезни глаз	<b>3,7</b>	<b>4</b>	<b>3,9</b>	<b>5</b>
Болезни уха	1,8	10	1,9	11
Болезни системы кровообращения	0,9	14	0,5	14

## Продолжение таблицы 2

Показатели	Структура в % и результаты ранжирования			
	ТН		КТ	
	%	ранг	%	ранг
Болезни органов дыхания	<b>64,2</b>	<b>1</b>	<b>59,1</b>	<b>1</b>
Болезни органов пищеварения	<b>5,8</b>	<b>2</b>	<b>5,4</b>	<b>2</b>
Болезни кожи	3,3	6	3,1	8
Болезни костно-мышечной системы	<b>4,1</b>	<b>3</b>	<b>4,2</b>	<b>4</b>
Болезни мочеполовой системы	1,0	13	2,2	9
Травмы и отравления	3,1	8	<b>5,3</b>	<b>3</b>

## Продолжение таблицы 2

Показатели	ТН	±m	КТ	±m	t	p
Инфекционные и паразитарные болезни	3300,0	320,1	3601,4	349,3	≤ 2	≥ 0,05
Новообразования	500,0	48,5	433,8	42,1	≤ 2	≥ 0,05
Болезни кроветворных органов	1100,0	106,7	498,8	48,4	≥ 2	≤ 0,05
Болезни эндокринной системы	1800,0	174,6	1418,2	137,6	≥ 2	≤ 0,05
Психические расстройства	1900,0	184,3	2075,5	201,3	≤ 2	≥ 0,05
Болезни нервной системы	3500,0	339,5	3330,6	323,1	≤ 2	≥ 0,05
Болезни глаз	3700,0	358,9	3892,9	377,6	≤ 2	≥ 0,05
Болезни уха	1800,0	174,6	1943,4	188,5	≤ 2	≥ 0,05
Болезни системы кровообращения	900,0	87,3	473,6	45,9	≥ 2	≤ 0,05
Болезни органов дыхания	64200,0	3210	59059,7	2953,0	≤ 2	≥ 0,05
Болезни органов пищеварения	5800,0	562,6	5375,1	521,4	≤ 2	≥ 0,05
Болезни кожи	3300,0	320,1	3149,2	305,5	≤ 2	≥ 0,05
Болезни костно-мышечной системы	4100,0	397,7	4218,3	409,2	≤ 2	≥ 0,05
Болезни мочеполовой системы	1000,0	97,0	2214,4	214,8	≥ 2	≤ 0,05
Травмы и отравления	3100,0	300,7	5285,3	512,7	≥ 2	≤ 0,05
Примечание: ТН – «территория наблюдения», КТ – «контрольная территория».						

Сравнительная оценка заболеваемости детей от 0 до 14 лет болезнями органов дыхания за период 2010-2019 гг. по отдельным заболеваниям, несмотря на



отсутствие статистически значимых различий в показателях в целом по данному классу болезней ( $p \geq 0,05$ ) позволила выявить ряд заболеваний, по которым на территории «наблюдения» отмечались более высокие ( $p \leq 0,05$ ) среднемноголетние уровни заболеваемости:

- 1) заболевания нижних дыхательных путей;
- 2) астма; астматический статус;
- 3) аллергический ринит (поллиноз) - табл. 3.

Таблица 3 - Результаты сравнительной оценки заболеваемости детей от 0 до 14 лет за период 2010-2019 гг. (на 100 тыс.)

Заболевания органов дыхания	ТН	$\pm m$	КТ	$\pm m$	t	p
Острые заболевания верхних дыхательных путей	55779,5	5020,2	52284,6	4705,6	$\leq 2$	$\geq 0,05$
Острые заболевания нижних дыхательных путей	2364,1	212,8	1723,0	155,1	$\geq 2$	$\leq 0,05$
Хронические болезни миндалин	2147,5	193,3	1975,5	177,8	$\leq 2$	$\geq 0,05$
Астма и астматический статус	1483,9	133,6	965,7	86,9	$\geq 2$	$\leq 0,05$
Аллергический ринит (поллиноз)	283,5	25,5	140,8	12,7	$\geq 2$	$\leq 0,05$
Пневмонии	391,5	35,2	360,2	32,4	$\leq 2$	$\geq 0,05$
Хронический бронхит	49,5	4,5	45,5	4,1	$\leq 2$	$\geq 0,05$
Прочие заболевания органов дыхания	1700,6	153,1	1564,4	140,8	$\leq 2$	$\geq 0,05$

При сравнительной оценке заболеваемости подростков (15-17 лет) за 2010-2019 гг. было установлено, что в структуре общей заболеваемости (по обращаемости за медицинской помощью) на двух территориях первое ранговое место занимали болезни органов дыхания с удельным весом в 45,2% на территории наблюдения и 39,6% - на «контрольной» территории. Второе ранговое место занимали болезни органов пищеварения, составившие соответственно 10,8% и 10,1%; третье ранговое место – болезни костно-мышечной системы - 7,7% и 7,9% соответственно; четвертое ранговое место – болезни глаз – 6,5% и 6,8%; пятое ранговое место – травмы и отравления – 3,0% и 5,1% (табл. 4.).

Сравнительная оценка среднеголетних интенсивных показателей общей заболеваемости подростков (по обращаемости за медицинской помощью) позволила выявить классы заболеваний, по которым на сравниваемых территориях были выявлены статистически значимые различия ( $p \leq 0,05$ ): более высокие уровни заболеваемости на территории «наблюдения» отмечались по следующим классам заболеваний: 1) болезни кровеносных органов; 2) болезни эндокринной системы; 3) болезни системы кровообращения; 4) новообразования; 5) болезни органов дыхания; более высокие уровни заболеваемости на «контрольной» территории отмечались по классу болезней – травмы и отравления (табл. 4).

Таблица 4 - Результаты ранжирования среднеголетней заболеваемости подростков от 15 до 17 лет за период 2010-2019 гг. (на 100 тыс.)

Показатели	Структура в % и результаты ранжирования			
	ТН		КТ	
	%	ранг	%	ранг
Инфекционные и паразитарные болезни	2,0	10	2,2	10
Новообразования	0,7	14	0,6	14
Болезни кровеносных органов	1,3	15	0,6	15
Болезни эндокринной системы	4,7	9	3,7	9
Психические расстройства	3,7	8	4,1	8
Болезни нервной системы	4,6	6	4,3	6
Болезни глаз	<b>6,5</b>	<b>4</b>	<b>6,8</b>	<b>4</b>
Болезни уха	1,9	11	2,0	11
Болезни системы кровообращения	3,2	12	1,7	12
Болезни органов дыхания	<b>45,2</b>	<b>1</b>	<b>39,6</b>	<b>1</b>
Болезни органов пищеварения	<b>10,8</b>	<b>2</b>	<b>10,1</b>	<b>2</b>
Болезни кожи	4,5	7	4,3	7
Болезни костно-мышечной системы	<b>7,7</b>	<b>3</b>	<b>7,9</b>	<b>3</b>

## Продолжение таблицы 4

Показатели	Структура в % и результаты ранжирования			
	ТН		КТ	
	%	ранг	%	ранг
Болезни мочеполовой системы	0,4	13	0,8	13
Травмы и отравления	<b>3,0</b>	<b>5</b>	<b>5,1</b>	<b>5</b>

## Продолжение таблицы 4

Показатели	ТН	±m	КТ	±m	t	p
Инфекционные и паразитарные болезни	1987,4	192,8	2168,9	210,4	≤2	≥0,05
Новообразования	675,4	65,5	585,9	56,8	≥2	≤0,05
Болезни кроветворных органов	1274,8	123,7	578,1	56,1	≥2	≤0,05
Болезни эндокринной системы	4695,1	455,4	3699,4	358,8	≥2	≤0,05
Психические расстройства	3720,4	360,9	4064,0	394,2	≤2	≥0,05
Болезни нервной системы	4552,7	441,6	4332,4	420,2	≤2	≥0,05
Болезни глаз	6462,5	626,9	6799,5	659,6	≤2	≥0,05
Болезни уха	1880,1	182,4	2029,9	196,9	≤2	≥0,05
Болезни системы кровообращения	3227,6	313,1	1698,5	164,8	≥2	≤0,05
Болезни органов дыхания	45200,0	2260,0	39570,1	1978,5	≥2	≤0,05
Болезни органов пищеварения	10847,2	1052,2	10052,6	975,1	≤2	≥0,05
Болезни кожи	4509,4	437,4	4303,4	417,4	≤2	≥0,05
Болезни костно-мышечной системы	7652,0	742,2	7872,8	763,7	≤2	≥0,05
Болезни мочеполовой системы	353,6	134,3	783,0	276,0	≤2	≥0,05
Травмы и отравления	2993,3	290,3	5103,4	495,0	≥2	≤0,05

Примечание: ТН – территория «наблюдения», КТ – «контрольная» территория.

Сравнительная оценка заболеваемости подростков (15-17 лет) болезнями органов дыхания за период 2010-2019 гг. по отдельным заболеваниям позволила выявить следующие болезни по которым на территории наблюдения отмечались более высокие ( $p \leq 0,05$ ) среднемноголетние уровни заболеваемости: 1) заболевания нижних дыхательных путей; 2) хронические болезни миндалин; 3) астма; астматический статус (табл. 5). Также следует отметить, что в данной возрастной

группе, в отличие от возрастной группы «дети» (0-14 лет), статистически значимые различия в показателях отмечались в целом по классу болезней органов дыхания.

Таблица 5. - Результаты сравнительной оценки заболеваемости подростков от 15 до 17 лет за период 2010-2019 гг. (на 100 тыс.)

Заболевания органов дыхания	ТН	±m	КТ	±m	t	p
Заболевания верхних дыхательных путей	37121,6	3340,9	32522,5	2927,0	≤2	≥0,05
Заболевания нижних дыхательных путей	1152,1	103,7	868,0	78,1	≥2	≤0,05
Хронические болезни миндалин	1764,0	158,8	1468,2	132,1	≥2	≤0,05
Астма и астматический статус	2416,8	217,5	1926,8	173,4	≥2	≤0,05
Аллергический ринит (поллиноз)	471,1	42,4	412,7	37,1	≤2	≥0,05
Пневмонии	366,1	32,9	352,8	31,8	≤2	≥0,05
Хронический бронхит	111,9	10,1	98,0	8,8	≤2	≥0,05
Прочие заболевания органов дыхания	1796,5	161,7	1951,0	175,6	≤2	≥0,05

При сравнительной оценке заболеваемости населения 18 лет и старше за 2010-2019 гг. было установлено, что в структуре общей заболеваемости (по обращаемости за медицинской помощью) на территории «наблюдения» и «контрольной» территории первое ранговое место занимали болезни системы кровообращения с удельным весом в 23,4% на территории «наблюдения» и 19,4% - на «контрольной» территории. Второе ранговое место занимали болезни органов дыхания, составившие соответственно 22,6% и 18,8%; третье ранговое место – болезни костно-мышечной системы – 10,9% и 9,9% соответственно; четвертое ранговое место – болезни эндокринной системы – 8,1% и 7,1%; пятое ранговое место – болезни мочеполовой системы – 4,8% и 6,9% (табл. 6.).

Сравнительная оценка среднемноголетних интенсивных показателей общей заболеваемости подростков по обращаемости за медицинской помощью (табл. 6) позволила выявить классы заболеваний с более высокими уровнями на территории «наблюдения» ( $p \leq 0,05$ ):

- 1) болезни кроветворных органов;
- 2) болезни эндокринной системы;

- 3) болезни системы кровообращения;
- 4) новообразования;
- 5) болезни органов дыхания.

Таблица 6 - Результаты ранжирования среднемноголетней заболеваемости населения возрастной группы (18 лет и старше) за период 2010-2019 гг. (на 100 тыс.)

Показатели	Структура в % и результаты ранжирования			
	ТН		КТ	
	%	ранг	%	ранг
Инфекционные и паразитарные болезни	1,6	11	2,7	11
Новообразования	3,3	8	4,3	8
Болезни кровеносных органов	0,7	15	0,8	15
Болезни эндокринной системы	<b>8,1</b>	<b>4</b>	<b>7,1</b>	<b>4</b>
Психические расстройства	2,2	13	2,1	13
Болезни нервной системы	3,9	10	3,8	10
Болезни глаз	5,1	7	5,0	7
Болезни уха	2,2	14	2,1	14
Болезни системы кровообращения	<b>23,4</b>	<b>1</b>	<b>19,4</b>	<b>1</b>
Болезни органов дыхания	<b>22,6</b>	<b>2</b>	<b>18,8</b>	<b>2</b>
Болезни органов пищеварения	6,0	6	6,9	6
Болезни кожи	2,6	12	2,5	12
Болезни костно-мышечной системы	<b>10,9</b>	<b>3</b>	<b>9,9</b>	<b>3</b>
Болезни мочеполовой системы	<b>4,8</b>	<b>5</b>	<b>6,9</b>	<b>5</b>
Травмы и отравления	2,5	9	4,2	9

Продолжение таблицы 6

Показатели	ТН	±m	КТ	±m	t	p
Инфекционные и паразитарные болезни	1631,4	158,2	2718,9	263,7	≥2	≤0,05
Новообразования	3300,0	320,1	4345,1	421,5	≥2	≤0,05
Болезни кроветворных органов	693,1	67,2	799,7	77,6	≥2	≤0,05
Болезни эндокринной системы	8100,0	785,7	7108,3	689,5	≥2	≤0,05
Психические расстройства	2200,0	213,4	2097,6	203,5	≤2	≥0,05
Болезни нервной системы	3900,0	378,3	3764,0	365,1	≤2	≥0,05
Болезни глаз	5100,0	494,7	4960,6	481,2	≤2	≥0,05
Болезни уха	2200,0	213,4	2059,1	199,7	≤2	≥0,05
Болезни системы кровообращения	23400,0	2269,8	19351,4	1877,1	≥2	≤0,05
Болезни органов дыхания	22600,0	1130,0	18776,2	938,8	≥2	≤0,05
Болезни органов пищеварения	6000,0	582,0	6882,0	667,6	≥2	≤0,05
Болезни кожи	2600,0	252,2	2491,3	241,7	≤2	≥0,05
Болезни костно-мышечной системы	10900,0	1057,3	9905,9	960,9	≤2	≥0,05
Болезни мочеполовой системы	4801,0	465,7	6934,8	672,7	≥2	≤0,05
Травмы	2539,8	246,4	4233,0	410,6	≥2	≤0,05
Примечание: ТН – территория «наблюдения», КТ – «контрольная» территория.						

Сравнительная оценка заболеваемости взрослого населения (18 лет и старше) болезнями органов дыхания за период 2010-2019 гг. по отдельным заболеваниям позволила выявить следующие болезни, по которым на территории наблюдения отмечались более высокие ( $p \leq 0,05$ ) среднемноголетние уровни заболеваемости: 1) заболевания нижних дыхательных путей; 2) астма; астматический статус; 3) заболевания верхних дыхательных путей (табл. 6). Также следует отметить, что в данной возрастной группе, в отличие от возрастной группы «дети» (0-14 лет), равно также, как и в возрастной группе «подростки» (15-17 лет), статистически значимые различия в показателях отмечались в целом по классу болезней органов дыхания (табл. 7).

Таблица 7 - Результаты сравнительной оценки заболеваемости населения возрастной группы (18 лет и старше) за период 2010-2019 гг. (на 100 тыс.)

Заболевания органов дыхания	ТН	±m	КТ	±m	t	p
Заболевания верхних дыхательных путей	14030,2	1262,7	11671,2	1050,4	≥2	≤0,05
Заболевания нижних дыхательных путей	1508,6	135,8	1079,3	97,1	≥2	≤0,05
Хронические болезни миндалин	888,6	80,0	702,2	63,2	≥2	≤0,05
Астма и астматический статус	1310,5	117,9	992,1	89,3	≥2	≤0,05
Аллергический ринит (поллиноз)	39,7	3,6	33,0	3,0	≤2	≥0,05
Пневмонии	1573,9	141,6	1440,2	129,6	≤2	≥0,05
Хронический бронхит	1040,3	93,6	865,4	77,9	≤2	≥0,05
Прочие заболевания органов дыхания	2208,2	198,7	2016,8	181,5	≤2	≥0,05

Таким образом, по территории «наблюдения» в сравнении с «контрольной» территорией отмечались более высокие показатели общей заболеваемости населения по обращаемости за медицинской помощью ( $p \leq 0,05$ ) во всех оцененных возрастных группах по трем классам болезней:

- болезни кроветворных органов;
- болезни эндокринной системы;
- болезни системы кровообращения.

В возрастных группах «15-17 лет» и «18 лет и старше» - еще по двум классам болезней: новообразования и болезни органов дыхания (табл. 7).

## **ГЛАВА 4. ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЙ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОТ ВЫБРОСОВ ОАО «ИСКИТИМЦЕМЕНТ» НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ**

### **4.1. Гигиеническая оценка технологии производства цемента на ОАО «Искитимцемент» и эффективности очистных сооружений**

ОАО «Искитимцемент» - предприятие, выпускающее цемент разных марок мокрым способом. В состав предприятия входят следующие основные цеха: горный, сырьевой, обжига, помола и погрузки.

Горный цех.

В состав горного цеха входят: известняковый карьер, карьер глинистых сланцев, дробильное отделение, вспомогательное производство горного цеха.

В известняковом карьере осуществляется добыча известняка разрыхленного методом серийных взрывов монолитного тела. Добыча производится с помощью экскаваторов, с последующей погрузкой сырья в кузова автомобилей. Параллельно с добычными работами проводится подготовка горизонтов к добыче. На данном этапе выбросы загрязняющих веществ в атмосферу происходят при: бурении породы, загрузке ее в кузова автомобилей, выгрузке из автомобилей в отвалы, перемещении породы бульдозером, сдувании с поверхностей отвалов (источник № 0001).

Для разрыхления горной породы производятся буровые работы с получением скважин, в которые закладываются взрывчатые вещества для проведения массовых взрывов. Разрыхление монолитного тела производится залповыми взрывами. Специфика разрыхляющих взрывов заключается в том, что ударная волна от взрыва распространяется в горизонтальном направлении для максимального разрушения целостности плотного тела, при этом, пылегазовое облако поднимается на высоту не более 10 метров.

В дробильном отделении производится первичное и вторичное дробление сырья. В приемный бункер известняк и глинистые сланцы загружаются поочередно с целью первичного перемешивания методом дозированной загрузки. Из



приемного бункера материалы поступают на первичное дробление. Запыленный воздух от дробилки и мест пересылок аспирируется на очистку в циклонах. После первичного дробления сырье подается в корпус вторичного дробления. От узла распределения сырья запыленный воздух аспирируется на очистку в циклонах с эффективностью очистки до 85,0%, далее выбрасывается в атмосферу (источник № 0002). Вторичное дробление проводится в молотковой дробилке, запыленный воздух также аспирируется на очистку в двухступенчатую систему, состоящую из циклонов и рукавного фильтра марки с эффективностью очистки до 96,4%, и также выбрасывается в атмосферу (источник № 0003). Вторичное дробление проводится поочередно в одной из двух молотковых дробилок. Запыленный воздух аспирируется на очистку в двухступенчатую систему, состоящую из циклонов и рукавного фильтра с эффективностью очистки до 97,3 % и выбрасывается в атмосферу (источник № 0004). После вторичного дробления материал перемещается в сырьевой цех.

#### Сырьевой цех.

Сырьевой цех занимается приемом, складированием и подачей сырья для производства клинкера и строительных смесей: известняка, глиняных сланцев, сырого граншлака, кварцита, сырого песка, гипса, огарков. Смесь известняка и глиняных сланцев после вторичного дробления поступает в узел пересыпки на горизонтальный транспортер.

Запыленный воздух от места пересыпки аспирируется для очистки в циклон с эффективностью очистки до 85,2% (источник № 0005). Кварцит, гипс, сырой граншлак и сырой песок доставляются железнодорожными вагонами, из которых выгружаются на решетки вагоноопрокидывателя, системой транспортеров подаются в склад сырья. Сырой граншлак и сырой песок (песчаная смесь) подвергаются сушке. В качестве теплоносителя для сушки используются дымовые газы от сжигания природного газа. Запыленные дымовые газы сушки проходят очистку в электроfiltре с эффективностью очистки 97,6% и выбрасываются в атмосферу (источник № 0006). Высушенные материалы транспортером перемещаются в склад сырья. Склад сырья, выполненный в виде отсеков для

различных видов сырья. Часть сырья доставляется автомобилями с площадок разгрузки. Все перегрузки сырья внутри склада производятся грейферными кранами.

Из бункеров твердая сырьевая смесь поступает в сырьевые мельницы, в которые также подается вода. Измельченная масса сметанообразной консистенции (шлам) поступает в шламовый приямок, из которого перекачивается в вертикальные шламбассейны. Перемешивание шлама осуществляется сжатым воздухом. Готовый шлам с помощью печных насосов подается на обжиговые вращающиеся печи.

#### Цех обжига.

В цехе обжига производят клинкер посредством обжига шлама. Сырьевой шлам, движется противотоком горячим топочным газам, получаемым в процессе сжигания природного газа. При этом последовательно происходит испарение воды, дегидратация минералов, диссоциация известняка и реакции между образующимся основным окислом  $\text{CaO}$  и составляющими глины  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ . В зоне спекания при  $1450^\circ\text{C}$  окончательно формируется цементный клинкер. Процесс обжига сопровождается выделением большого количества паров воды от сушки и дегидратации минералов и двуокиси углерода от диссоциации известняка, а также продуктов сгорания природного газа и пыли обжигаемого материала. Дымовые газы от каждой печи очищаются в собственном электрофильтре, а после очистки выбрасываются в атмосферу, эффективность очистки составляет до 99,7% (источник № 0007). Полученный обожженный клинкер охлаждается в колосниковых холодильниках холодным воздухом до температуры  $50-60^\circ\text{C}$ . Запыленный воздух от печей № 6-7 очищается в циклонах со средней эффективностью очистки до 87,0% и выбрасывается в атмосферу (источники № 0008-0009); от печи № 8 со средней эффективностью очистки до 89,6 % (источник № 0010); от печи № 9 со средней эффективностью очистки до 84,9 % (источник № 0011). Охлажденный клинкер из печи № 9 выгружается для транспортировки в материальный склад. Запыленный воздух от узла пересыпки очищается в 2-х ступенчатой системе, состоящей из циклона и рукавного фильтра со средней

эффективностью до 98,0% (источник № 0012). Охлаждённый клинкер транспортируется в материальный склад. Запыленный воздух на этапе выгрузки удаляется через аспирационный отсос с очисткой в циклоне со средней эффективностью до 85,0 % (источник № 0013).

В состав цеха "Обжиг" входит участок приготовления сухих строительных смесей методом сухого смешивания исходных материалов (сухой песок, цемент, известняковая мука). Цемент доставляется и помещается в цементный бункер, оборудованный рукавным войлочным фильтром со степенью очистки до 99,5% (источник № 0014). Далее цемент поступает в дозирочную емкость для подачи на смешивание с известняковой мукой и песком (источник № 0015). Далее осуществляется рассев на 3 фракции и перемещение в дозирочные ёмкости с получением готовой строительной смеси. Готовая смесь поступает в фасовочную машину. Все узлы участка фасовки оборудованы аспирационными отсосами с очисткой запыленного воздуха в рукавном фильтре с эффективностью очистки до 99,7% (источник № 0016).

#### Цех «Помола».

В цехе «Помол» осуществляется производство цемента методом сухого измельчения компонентов цемента (клинкер-основной компонент, минеральные добавки - граншлак, гипс, угольный шлак) в цементных мельницах, оборудованных системами пылеулавливания, группой циклонов и рукавным фильтром с суммарной эффективностью очистки до 99,4% (источник № 0017). Готовый продукт (цемент) транспортируется в цех "Погрузка".

В цехе «Погрузка» осуществляется прием, хранение и отгрузка цемента.

Таким образом, на территории ОАО «Искитимцемент» расположено 183 источника выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, в т.ч. 79 – организованных (имеющих очистку) и 102 неорганизованных (не имеющих очистки). В соответствии с проектом нормативов предельно допустимых выбросов для ОАО «Искитимцемент» в процессе производства в атмосферный воздух может выбрасываться ежегодно при существующих технологиях до 3,9 тыс. тонн в год загрязняющих веществ. При этом, начиная с 2016 г. величина предельно

допустимого выброса превышалась в 1,6-2,4 раза (рис. 5а).

Таким образом, основное производство основано на технологии, которая включает в себя две ступени: первая – получение клинкера, вторая – доведение клинкера до порошкообразного состояния с добавлением к нему гипса и других добавок. Основной выброс вредных примесей происходит на второй стадии, когда шлам поступает в обжиговые печи. Отходящая газопылевая смесь поступает в две близко расположенные трубы высотой 80 м.

С целью оценки эффективности работы очистных сооружений в ЗАО «Искитимцемент», а также риска здоровью населения от выбросов данного предприятия был проведен отбор проб воздуха с целью дисперсного анализа пыли цемента. Согласно данным научных исследований [160] концентрация мелкодисперсных частиц фракции с аэродинамическим диаметром частиц менее 2,5 мкм и менее 10,0 мкм (PM 2,5 и PM 10,0) представляет существенную угрозу здоровью населения, т.к. проникает в легкие, оказывая патогенетическое воздействие на развитие заболеваний органов дыхания и обострения имеющейся патологии [31,165,269]. Среднесуточная ПДК для PM 2,5 составляет 0,035 мг/м<sup>3</sup>, PM 10 – 0,06 мг/м<sup>3</sup> [14,20,95]. Определение содержания частиц PM 2,5 и PM 10,0 в атмосферном воздухе проводится с помощью эталонного гравиметрического метода измерений [11,86,87], а также с помощью газоанализаторов и пылемеров (DustTrak 8533). Исследования проводились по заданным маршрутам на уровне приземных слоев атмосферы, соответствующих зоне дыхания.

Результаты оценки свидетельствовали об эффективности очистных сооружений, приводящих к очистке воздуха на расстоянии 0,5 км от промышленной площадки на 99,83%, на расстоянии 1 км – 99,93%, на расстоянии 1,5 км – 99,95%. Вместе с тем, изучение отдельных фракций пыли цемента свидетельствовала о разной эффективности очистных сооружений в зависимости от размеров улавливаемых частиц. Так, при размере частиц от 150 до 300 мкм 100% эффективность очистных сооружений достигается на расстоянии 0,5 км от промышленной площадки. Для размеров частиц от 50 до 150 мкм 100% эффективность очистных сооружений достигается на расстоянии 1,0 км от

промышленной площадки. Для размеров частиц от 10 до 50 мкм эффективность очистных сооружений на расстоянии от 0,5 до 1,5 км от площадного источника повышается от 99,91 до 99,96%. Для размеров частиц от 2,5 до 10 мкм эффективность очистных сооружений на расстоянии от 0,5 до 1,5 км от площадного источника повышается от 99,01 до 99,30%. Для размеров частиц до 2,5 мкм эффективность очистных сооружений на расстоянии от 0,5 до 1,5 км от площадного источника повышается от 81,96 до 88,20%. Данная эффективность очистных сооружений приводит к выраженному изменению структуры пыли цемента по размерам частиц в зависимости от удаления от площадного источника выброса с увеличением частиц менее 2,5 мкм от 0,73% до 65,6% и частиц размером от 2,5 до 10 мкм от 5,42% до 31,54%. Соответственно, именно данные частицы могут представлять риски здоровью населения, проживающего на расстояниях 1-1,5 км от площадного источника выброса, загрязняющих атмосферу веществ (табл.8., рис. 6, 7).

Таблица 8 - Сводные данные распределения массы пыли цемента ОАО «Искитимцемент» по размеру частиц (мкм)

Размер частиц мкм	Средний размер, мкм	число частиц в м <sup>3</sup>	общ объём, мкм <sup>3</sup>	масса, мкг	% от общей массы
Промплощадка (усредненные данные)					
Менее 2,5	1,5	69288	233845	163692	0,73%
От 2,5 до 10	5	15125	1890625	1323438	5,42%
От 10 до 50	25	1688	26367188	1845703 1	42,01%
От 50 до 150	50	263	32812500	2296875 0	30,67%
От 150 до 300	150	6	18562500	1299375 0	21,15%
Атмосферный воздух в 0,5 км от промплощадки (усредненные данные)					
Менее 2,5	1,5	12500	42188	29531	31,34%
От 2,5 до 10	5	452	56500	39550	41,97%
От 10 до 50	25	1,5	23437,5	16406,2 5	17,41%
От 50 до 150	50	0,1	12500	8750	9,29%
От 150 до 300	150	0,0	0	0	0,0%

## Продолжение таблицы 8

Размер частиц мкм	Средний размер, мкм	число частиц в м <sup>3</sup>	общ объём, мкм <sup>3</sup>	масса, мкг	% от общей массы
Атмосферный воздух в 1,0 км от промплощадки (усредненные данные)					
Менее 2,5	1,5	8000	27000	23900	59,04%
От 2,5 до 10	5	152	19000	13300	32,85%
От 10 до 50	25	0,3	4687,5	3281,25	8,11%
От 50 до 150	50	0	0	0	0,00%
От 150 до 300	150	0	0	0	0,0%
Атмосферный воздух в 1,5 км от промплощадки (усредненные данные)					
Менее 2,5	1,5	8175	27591	19313,5	65,67%
От 2,5 до 10	5	106	13250	9275,1	31,54%
От 10 до 50	25	0,1	1171,9	820,35	2,79%
От 50 до 150	50	0	0	0	0,00%
От 150 до 300	150	0	0	0	0,0%

В ходе оценки частиц пыли цемента было установлено, что средний размер частиц РМ 2,5 составляет 1,5 мкм, при этом средняя масса одной частицы составляет -  $2,51 \pm 0,16$  мкг; для частиц РМ 10,0 - составляет 5 мкм, средняя масса одной частицы -  $87,50 \pm 2,44$  мкг; для частиц размером от 10 до 50 мкм - составляет 25 мкм, средняя масса одной частицы -  $10,253 \cdot 10^3 \pm 0,51 \cdot 10^3$  мкг; для частиц размером от 50 до 150 мкм - составляет 50 мкм, средняя масса одной частицы -  $8,7417 \cdot 10^4 \pm 0,435 \cdot 10^4$  мкг; для частиц размером от 150 до 300 мкм - составляет 150 мкм, средняя масса одной частицы -  $2,165625 \cdot 10^6 \pm 0,108 \cdot 10^6$  мкг.

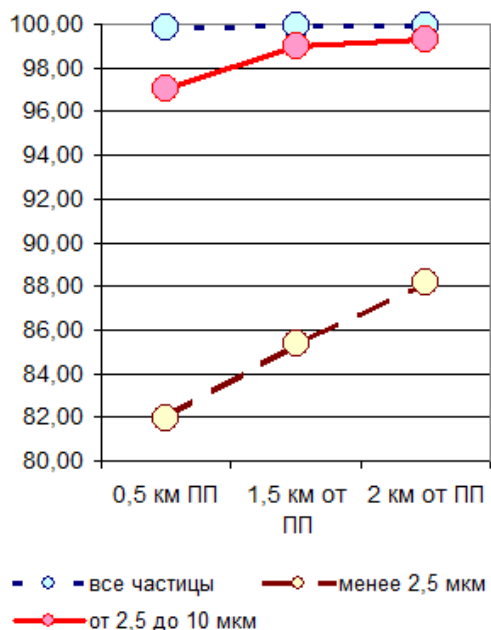


Рисунок 6 - Эффективность очистных сооружений ОАО «Искитимцемент» в % на различных расстояниях от ПП (промплощадки)

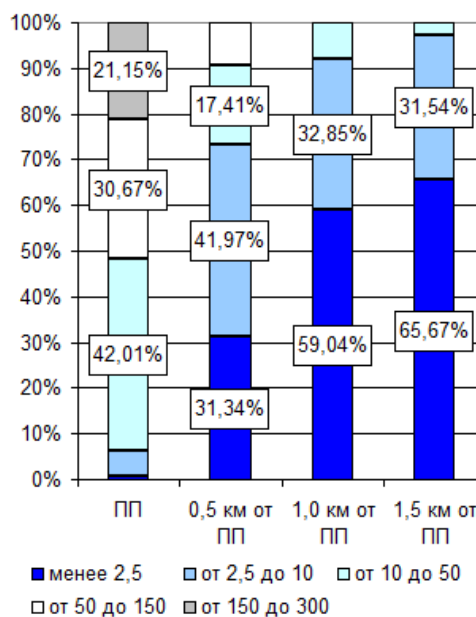


Рисунок 7 – Структура пыли цемента по размерам частиц в зависимости от удаления от от ПП (промплощадки)

Содержание РМ 2,5 и РМ 10,0 в атмосферном воздухе в зависимости от удаления от промплощадки постепенно сокращалось, в том числе по РМ 2,5 – на расстоянии 500 м – в 5,4 раза, на расстоянии 1 км – в 6,9 раза (по отношению к уровню на промплощадке) и в 1,2 раза по отношению к точке в 500 м от промплощадки; на расстоянии 1,5 км – в 8,5 раз (по отношению к уровню на промплощадке) и в 1,2 раза по отношению к точке в 1,5 км от промплощадки. По РМ 10,0 – на расстоянии 500 м – в 33,5 раза, на расстоянии 1 км – в 99,5 раза (по отношению к уровню на промплощадке) и в 3,0 раза по отношению к точке в 500 м от промплощадки; на расстоянии 1,5 км – в 142,7 раза (по отношению к уровню на промплощадке) и в 1,4 раза по отношению к точке в 1,5 км от промплощадки (рис.8).

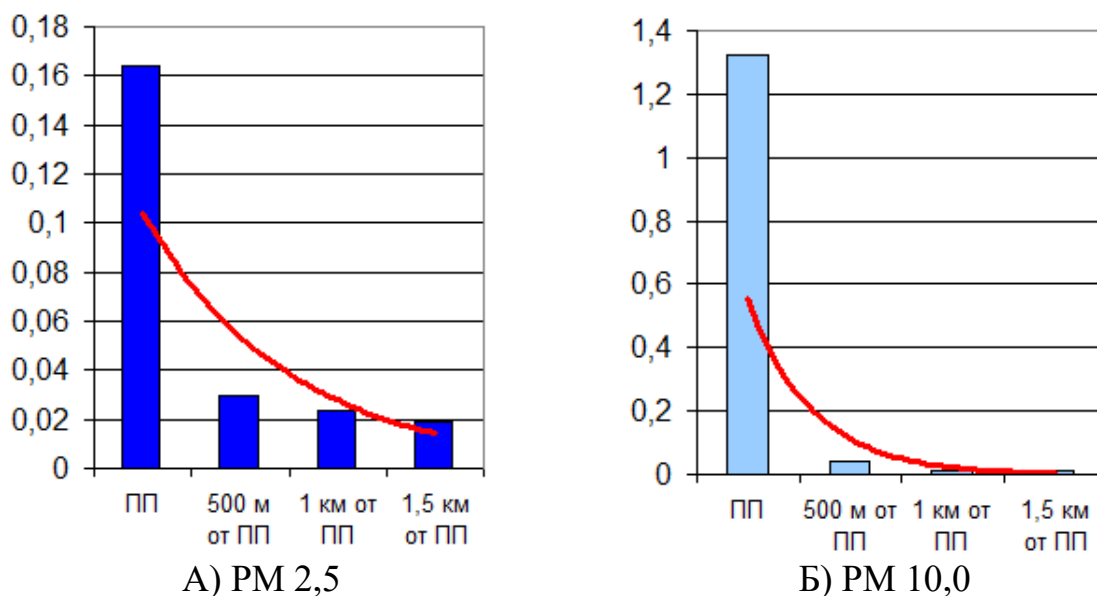


Рисунок 8 - Динамика содержания РМ 2,5 и РМ 10,0 в атмосферном воздухе в зависимости от удаления от ПП (промплощадки) в мг/м<sup>3</sup>

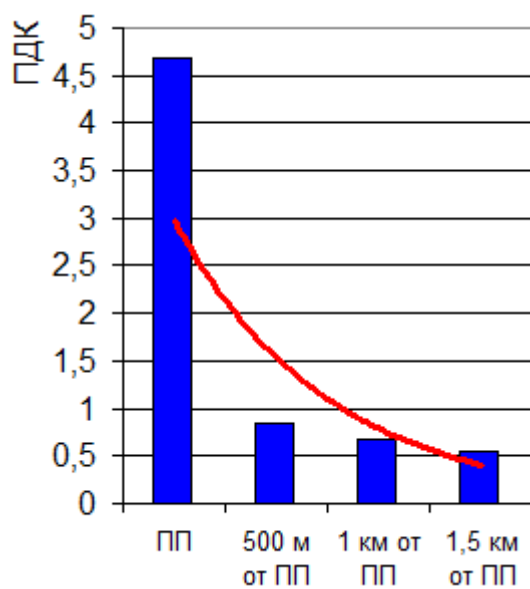
Для изучения содержания РМ 2,5 и РМ 10,0 лабораторные исследования проводились с апреля по май в рабочие дни при обычном режиме работы ОАО «Искитимцемент» в 6 точках, расположенных в жилой зоне на расстоянии 1,5 км от изучаемого площадного источника на территориях дошкольных образовательных организаций и школ, а также для определения фоновых значений – исследования проводились в нерабочие дни (n=72). Измерения осуществлялись на уровне 1 м от земли, т.е. в зоне дыхания ребенка

Таблица 9. Фактические значения среднесуточных концентраций РМ 2,5 и РМ 10,0, полученные при исследованиях приземных слоев атмосферы в зоне дыхания ребенка в образовательных организациях г. Искитима, расположенных в 1,5 км от промышленной площадки ОАО «Искитимцемент»

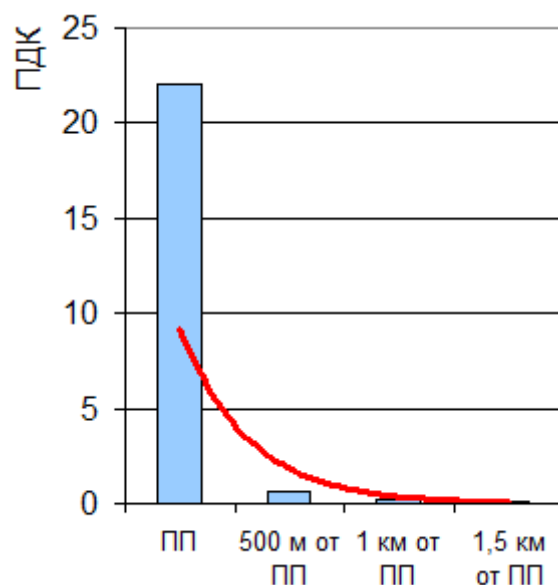
Адрес мониторинговой точки	Размер частиц в мкм	Значения среднесуточных концентраций ( $M \pm m$ ) в мг/м <sup>3</sup>	Отношение к ПДК
ул. Томская, д. 9а	менее 2,5	0,019314 ± 0,000967	0,551814



	от 2,5 до 10	$0,009275 \pm 0,000464$	0,154585
пер. Северный, д. 3	менее 2,5	$0,018114 \pm 0,000906$	0,517529
	от 2,5 до 10	$0,009155 \pm 0,000458$	0,152585
ул. Комсомольская, д. 50	менее 2,5	$0,020514 \pm 0,001026$	0,586100
	от 2,5 до 10	$0,009395 \pm 0,000447$	0,156585
ул. Карьер Цемязавода, д. 10	менее 2,5	$0,020324 \pm 0,001016$	0,580671
	от 2,5 до 10	$0,009205 \pm 0,000446$	0,153418
ул. Кирова, д. 35	менее 2,5	$0,018504 \pm 0,000925$	0,528671
	от 2,5 до 10	$0,008465 \pm 0,000423$	0,141085
ул. Гоголя, д. 24	менее 2,5	$0,019214 \pm 0,000961$	0,548957
	от 2,5 до 10	$0,009175 \pm 0,000459$	0,152918



А) РМ 2,5



Б) РМ 10,0

Рисунок 9 - Динамика показателя отношения фактической концентрации содержания РМ 2,5 и РМ 10,0 в атмосферном воздухе к предельно допустимой концентрации в зависимости от удаления от ПП (промплощадки)

Фактические уровни загрязнений атмосферного воздуха на данном расстоянии от промплощадки составляли по РМ<sub>2,5</sub> от 0,571 до 0,580 ПДК, по РМ<sub>10,0</sub> от 0,141 до 0,156 ПДК (рис.9). Следует отметить, что по расчётным данным нормативное снижение среднесуточных концентраций до величины ПДК и ниже отмечались на уровне контрольных точек, расположенных в 500-х метрах от промышленной

площадки (рис.9.). Средние значения фоновых концентраций содержания РМ<sub>2,5</sub> составили 0,026 мг/м<sup>3</sup>, РМ 10 составили 0,04 мг/м<sup>3</sup>.

#### 4.2. Результаты оценки риска здоровью от загрязнений атмосферного воздуха выбросами ОАО «Искитимцемент»

Характеристика токсикологических свойств загрязняющих веществ, определяющих класс опасности веществ, включает оценку установленных значений предельно допустимых концентраций, значений средней смертельной дозы при введении в желудок, средней смертельной дозы при нанесении на кожу, средней смертельной концентрации в воздухе, коэффициент возможности ингаляционного отравления (отношение максимально достижимой концентрации вредного вещества в воздухе при 20°С к средней смертельной концентрации вещества для мышей), зона острого действия (отношение средней смертельной концентрации (дозы) к пороговой концентрации (дозе) при однократном воздействии), зона хронического действия (отношение минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций, к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей вредное действие в хроническом эксперименте), пороговая концентрация острого действия пороговая концентрация хронического действия (табл.10.)

Таблица 10 - Классы опасности вредных веществ

Показатели, характеризующие класс опасности веществ	Нормы для класса опасности			
	1	2	3	4
Предельно допустимая концентрация вредных веществ, в воздухе рабочей зоны мг/м <sup>3</sup>	< 0,1	0,1 – 0,10	1,0-10,0	> 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	< 15	15 – 150	151 – 5000	> 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	< 100	100 – 500	501 – 2500	> 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	< 500	500– 5000	5001–50000	> 50000

## Продолжение таблицы 10

Показатели, характеризующие класс опасности веществ	Нормы для класса опасности			
	1	2	3	4
Коэффициент возможности ингаляционного отравления	> 300	300 – 30	29 – 3	< 3
Зона острого действия	< 6,0	6,0 – 18,0	18,1 – 54,0	> 54,0
Зона хронического действия	> 10,0	10,0 – 5,0	4,9 2,5	< 2,5
Пороговая концентрация острого действия, мг/л	< 0, 01	0,01 – 0,1	0,11 – 1,0	> 1,0
Пороговая концентрация хронического действия, мг/л	> 10	10 – 5	4,9 – 2,5	< 2,5

В атмосферный воздух предприятие ОАО «Искитимцемент» выбрасывает 51 загрязняющее вещество, из которых 2 вещества – первого класса опасности (бенз(а)пирен, свинец и его неорганические соединения /в пересчете на свинец/ (свинец)), 11 веществ – второго класса опасности (азота диоксид (двуокись азота; пероксид азота), марганец и его соединения /в пересчете на марганец (IV) оксид/, хлор, фториды неорганические плохо растворимые - (алюминия фторид, кальция фторид, натрия гексафторалюминат), фтористые газообразные соединения /в пересчете на фтор/ гидрофторид (водород фторид; фтороводород), бензол (циклогексатриен; фенилгидрид), серная кислота /по молекуле H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/, формальдегид (муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид), гидрохлорид /по молекуле HCl/ (водород хлорид), дигидросульфид (водород сернистый, дигидросульфид, гидросульфид), медь оксид /в пересчете на медь/ (медь окись; тенорит), 15 веществ – третьего класса опасности (пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния менее 20% (доломит, пыль цементного производства - известняк, мел, огарки, сырьевая смесь, пыль вращающихся печей, боксит и другие), азот (II) оксид (азот монооксид), пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния 70 - 20% (шамот, цемент, пыль цементного производства - глина, глинистый сланец, доменный шлак, песок, клинкер, зола кремнезем и другие), сера диоксид, диЖелезо триоксид, (железа оксид) /в пересчете

на железо/ (железо сесквиоксид), метилбензол (фенилметан), бутан-1-ол (бутиловый спирт), углерод (пигмент черный), диметилбензол (смесь о-, м-, п-изомеров) (метилтолуол), взвешенные вещества, этановая кислота (этановая кислота; метанкарбоновая кислота), ацетальдегид (уксусный альдегид), диНатрий карбонат (натрий углекислый; натриевая соль угольной кислоты), цинк оксид /в пересчете на цинк/, олово оксид /в пересчете на олово/ (олово монооксид; олово закись)), 9 веществ – к четвертому классу (углерода оксид (углерод окись; углерод моноокись; угарный газ), алканы  $C_{12-19}$  (в пересчете на C), этанол (этиловый спирт; метилкарбинол), бензин (нефтяной, малосернистый) /в пересчете на углерод/, бутилацетат (бутиловый эфир уксусной кислоты), пропан-2-он (диметилкетон; диметилформальдегид), аммиак (азота гидрид), пентилены (амилены - смесь изомеров) (альфа-п-Амилен; пропиленэтилен), пыль мучная) и по 14-ти веществам класс опасности не определен (масло минеральное нефтяное (веретенное, машинное, цилиндрическое и др.), пыль древесная, зола углей Подмосковского, Печорского, Кузнецкого, Донецкого, Экибастузского, марки Б1 Бабаевского и Тюльганского месторождений (с содержанием  $SiO_2$  свыше 20 до 70%), пыль (неорганическая) гипсового вяжущего из фосфогипса с цементом, сольвент нафта, керосин (керосин прямой перегонки; керосин дезодорированный), смесь предельных углеводородов  $C_1H_4-C_5H_{12}$ , пыль абразивная, смесь предельных углеводородов  $C_6H_{14}-C_{10}H_{22}$ , 2-этоксиэтанол (2-этоксиэтиловый эфир; моноэтиловый эфир этиленгликоля; этокси-2-этанол), пыль тонко измельченного резинового вулканизата из отходов подошвенных резин, синтетические моющие средства "Бриз", "Вихрь", "Лотос", "Лотос-автомат", "Юка", "Эра", пыль текстолита, эмульсол (смесь: вода - 97,6%; нитрит натрия - 0,2%; сода кальцинированная - 0,2%, масло минеральное - 2%) – табл. 11.

Таблица 11 - Перечень загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах ОАО «Искитимцемент» в атмосферный воздух

Код	CAS	Наименование вещества	Класс опасности	Суммарный выброс, т/год	Вклад вещества в суммарный выброс, %	Ранг вещества по массе выбросов
2909	-	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния менее 20% (доломит, пыль цементного производства - известняк, мел, огарки, сырьевая смесь, пыль вращающихся печей, боксит и другие)	3	1799,85	46,51	1
301	10102-44-0	Азота диоксид (Двуокись азота; пероксид азота)	2	1618,55	41,82	2
304	10102-43-9	Азот (II) оксид (Азот монооксид)	3	263	6,79	3
2908	-	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния 70 - 20% (шамот, цемент, пыль цементного производства - глина, глинистый сланец, доменный шлак, песок, клинкер, зола кремнезем и другие)	3	124,87	3,22	4
337	630-08-0	Углерода оксид (Углерод окись; углерод моноокись; угарный газ)	4	44,15	1,14	5
330	7446-09-5	Сера диоксид	3	10,41	0,26	6
2735	-	Масло минеральное нефтяное (веретенное, машинное, цилиндрическое и др.)	-	2,4	0,06	7
123	1309-37-1	диЖелезо триоксид, (железа оксид)/в пересчете на железо/(Железо сесквиоксид)	3	1,95	0,05	8
2936	-	Пыль древесная	-	1,37	0,03	9
3714	-	Зола углей Подмосковного, Печорского, Кузнецкого, Донецкого, Экибастузского, марки Б1 Бабаевского и Тюльганского месторождений (с содержанием SiO <sub>2</sub> свыше 20 до 70%)	-	0,45	0,01	10
2914	-	Пыль (неорганическая) гипсового вяжущего из фосфогипса с цементом	-	0,36	0,009	11
2750	-	Сольвент нефтя	-	0,34	0,008	12
2754	-	Алканы C12-19 (в пересчете на C)	4	0,32	0,008	13
2732	8008-20-6	Керосин (Керосин прямой перегонки; керосин дезодорированный)	-	0,26	0,006	14
415	-	Смесь предельных углеводородов C <sub>1</sub> H <sub>4</sub> -C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	0,21	0,005	15
621	108-88-3	Метилбензол (Фенилметан)	3	0,17	0,004	16
1042	71-36-3	Бутан-1-ол (Бутиловый спирт)	3	0,15	0,003	17
328	-	Углерод (Пигмент черный)	3	0,11	0,002	18
616	1330-20-7	Диметилбензол (смесь о-, м-, п-изомеров) (Метилтолуол)	3	0,104	0,002	19

## Продолжение таблицы 11

Код	CAS	Наименование вещества	Класс опасности	Суммарный выброс, т/год	Вклад вещества в суммарный выброс, %	Ранг вещества по массе выбросов
143	7439-96-5	Марганец и его соединения/в пересчете на марганец (IV) оксид/	2	0,073	0,001	20
2902	-	Взвешенные вещества	3	0,07	0,001	21
1061	64-17-5	Этанол (Этиловый спирт; метилкарбинол)	4	0,068	0,00175729	22
2704	8032-32-4	Бензин (нефтяной, малосернистый)/в пересчете на углерод/	4	0,06	0,001	23
2930	-	Пыль абразивная	-	0,047	0,001	24
416	-	Смесь предельных углеводородов C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> -C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	-	0,046	0,001	25
1210	123-86-4	Бутилацетат (Бутиловый эфир уксусной кислоты)	4	0,033	0,0008	26
1555	64-19-7	Этановая кислота (Этановая кислота; метанкарбоновая кислота)	3	0,029	0,0007	27
1119	110-80-5	2-Этоксиэтанол (2-Этоксиэтиловый эфир; моноэтиловый эфир этиленгликоля; этокси-2-этанол)	-	0,026	0,0006	28
349	7782-50-5	Хлор	2	0,024	0,0006	29
1401	67-64-1	Пропан-2-он (Диметилкетон; диметилформальдегид)	4	0,023	0,0005	30
303	7664-41-7	Аммиак (Азота гидрид)	4	0,014	0,0003	31
344	-	Фториды неорганические плохо растворимые - (алюминия фторид, кальция фторид, натрия гексафторалюминат)	2	0,0107	0,0002	32
501	109-67-1	Пентилены (амилены - смесь изомеров) (альфа-п-Амилен; пропилен)	4	0,007	0,0001	33
342	7664-39-3	Фтористые газообразные соединения /в пересчете на фтор/ гидрофторид (Водород фторид; фтороводород)	2	0,0066	0,0001	34
602	71-43-2	Бензол (Циклогексатриен; фенилгидрид)	2	0,0056	0,0001	35
2978	-	Пыль тонко измельченного резинового вулканизата из отходов подошвенных резин	-	0,0053	0,0001	36
322	7664-93-9	Серная кислота /по молекуле H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /	2	0,0035	0,00009	37
1325	50-00-0	Формальдегид (Муравьиный альдегид, оксаметан, метиленоксид)	2	0,0024	0,00006	38
2744	-	Синтетические моющие средства "Бриз", "Вихрь", "Лотос", "Лотос-автомат", "Юка", "Эра"	-	0,0021	0,00005	39
1317	75-07-0	Ацетальдегид (Уксусный альдегид)	3	0,001	0,00002	40
703	50-32-8	Бенз(а)пирен	1	0,00099	0,00002	41

## Продолжение таблицы 11

Код	CAS	Наименование вещества	Класс опасности	Суммарный выброс, т/год	Вклад вещества в суммарный выброс, %	Ранг вещества по массе выбросов
155	497-19-8	диНатрий карбонат (Натрий углекислый; натриевая соль угольной кислоты)	3	0,0009	0,00002	42
2952	-	Пыль текстолита	-	0,0005	0,00001	43
316	7647-01-0	Гидрохлорид/по молекуле HCl/(Водород хлорид)	2	0,0005	0,00001	44
2868	-	Эмульсол (смесь: вода - 97,6%; нитрит натрия - 0,2%; сода кальцинированная - 0,2%, масло минеральное - 2%)	-	0,00031	0,000008	45
333	7783-06-4	Дигидросульфид (Водород сернистый, дигидросульфид, гидросульфид)	2	0,0003	0,000007	46
3721	-	Пыль мучная	4	0,0001	0,000002	47
207	1314-13-2	Цинк оксид /в пересчете на цинк/	3	0,00008	0,000002	48
184	7439-92-1	Свинец и его неорганические соединения/в пересчете на свинец/(Свинец)	1	6,00E-06	0,0000001	49
168	21651-19-4	Олово оксид/в пересчете на олово/(Олово монооксид; олово закись)	3	3,00E-06	0,00000008	50
146	1317-38-0	Медь оксид/в пересчете на медь/(Медь окись; тенорит)	2	1,00E-06	0,00000003	51
Всего				3869,58	100	

Анализ структуры общего валового выброса в атмосферный воздух показал, что 98,3% всех выбросов предприятия сформированы 4 химическими веществами:

- Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния менее 20%;
- Азота диоксид;
- Азот (II) оксид;
- Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния 70 - 20%.

На долю оксид углерода и диоксид серы приходится 1,4%, суммарный вклад остальных загрязняющих веществ составляет 0,6%. В структуре общих выбросов загрязняющих веществ по классам опасности 56,9% приходится на вещества 3-го класса опасности и 41,8% на вещества 2-го класса. Доля веществ 1-го и 4-го класса опасности в общем объеме выбросов составляет лишь 1,15%. На вещества класс опасности, которых не определен приходится 0,14% (табл. 12).



Таблица 12 – Доля выброса веществ с разным классом опасности

Класс опасности	Количество веществ	Масса выброса, т/год	Доля выброса, %
1	2	9,96E-04	0,00002573919
2	11	1618,67660100	41,83075567571
3	15	2200,71498300	56,87212053901
4	9	44,67510000	1,15451918668
-	14	5,51721000	0,14257885941
Общий итог	51	3869,584890	100

С целью выявления наиболее опасных для здоровья человека химических веществ, содержащихся в выбросах ОАО «Искитимцемент», проведено их предварительное ранжирование по канцерогенной и неканцерогенной опасности (табл. 13, 14). Индекс сравнительной канцерогенной опасности (HRIc) рассчитан по формуле:  $HRIc = E \times Wc \times P / 10\,000$ , где, HRIc – индекс сравнительной канцерогенной опасности; Wc – весовой коэффициент канцерогенного эффекта; P – численность населения; E – величина условной экспозиции (объем годового выброса, т/год). Для ранжирования веществ, не обладающих канцерогенным действием, использовался метод, с использованием весовых коэффициентов, основанных на безопасных дозах и концентрациях (TW); индекс сравнительной неканцерогенной опасности определялся по формуле:  $HRI = E \times TW \times P / 10\,000$ , где HRI – индекс сравнительной неканцерогенной опасности; TW – весовой коэффициент влияния на здоровье; P – численность популяции; E – величина условной экспозиции (объем годового выброса т/год). Весовые коэффициенты для оценки канцерогенной и неканцерогенной опасности определялись в соответствии с Руководством 2.1.10.1920-04. Поскольку не для всех веществ установлены величины безопасных (референтных) концентраций (RfC), при расчетах также применялись значения ПДК.

В данной работе критерии для оценки риска (референтная концентрация и фактор канцерогенного потенциала) для углерода (пигмент черный) приняты по веществу: сажа.

Таблица 13 - Ранжирование веществ по уровню канцерогенной опасности

Код	CAS	Наименование вещества	Выброс, т/год	Класс опасности	МАИР	SFI	Wc	HRIc	Вклад $\sum$ HRIc, %	Ранг канц.
0328	-	Сажа	0,11	3	1	0,0155	100	0,000187	50,45	1
0703	50-32-8	Бенз(а)пирен	9,90E-04	1	1	3,9	10000	0,0001683	45,41	2
0602	71-43-2	Бензол (Циклогекса триен; фенилгидрид)	0,0056	2	1	0,027	100	0,00000952	2,56	3
1325	50-00-0	Формальдегид (Муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид)	0,0024	2	1	0,046	100	0,00000408	1,1	4
1317	75-07-0	Ацетальдегид (Укусный альдегид)	0,001	3	2B	0,0077	100	0,0000017	0,45	5
184	7439-92-1	Свинец и его неорганические соединения/в пересчете на свинец/(Свинец)	0,000006	1	2A	0,042	100	1,02E-08	0,002	6
Всего			0,119996					0,00037061	100	

Таблица 14 - Ранжирование веществ по уровню неканцерогенной опасности

Код	CAS	Наименование вещества	Выброс, т/год	RFC	TW	Hri	Вклад $\sum$ HRI, %	Ранг неканц.
2909	-	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния менее 20% (доломит, пыль цементного производства - известняк, мел, огарки, сырьевая смесь, пыль вращающихся печей, боксит и другие)	1799,85	0,05	100	17,99	45,87	1

Продолжение таблицы 14

Код	CAS	Наименование вещества	Выброс, т/год	RFC	TW	Hri	Вклад $\sum$ HRI, %	Ранг неканц.
301	1010 2-44- 0	Азота диоксид (Двуокись азота; пероксид азота)	1618,55	0,04	100	16,18	41,25	2
304	1010 2-43- 9	Азот (II) оксид (Азот монооксид)	263	0,06	100	2,63	6,7	3
2908	-	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния 70 - 20% (шамот, цемент, пыль цементного производства - глина, глинистый сланец, доменный шлак, песок, клинкер, зола кремнезем и другие)	124,87	0,1	100	1,2487	3,18	4
143	7439 -96-5	Марганец и его соединения/в пересчете на марганец (IV) оксид/	0,073	0,0000 5	1000 00	0,7300	1,86	5
2735	-	Масло минеральное нефтяное (веретенное, машинное, цилиндрическое и др.)	2,4	0,012	1000	0,2400	0,61	6
330	7446 -09-5	Сера диоксид	10,41	0,02	100	1,04E- 01	0,26	7
2732	8008 -20-6	Керосин (Керосин прямой перегонки; керосин дезодорированный)	0,26	0,01	1000	0,0260	0,06	8
349	7782 -50-5	Хлор	0,024	0,0002	1000 0	0,0240	0,06	9
123	1309 -37-1	диЖелезо триоксид, (железа оксид)/в пересчете на железо/(Железо сесквиоксид)	1,95	0,04	100	0,0195	0,04	10
703	50- 32-8	Бенз(а)пирен	0,00099	0,0000 01	1000 00	0,0099	0,02	11
3714	-	Зола углей Подмосковского, Печорского, Кузнецкого, Донецкого, Экибастузского, марки Б1 Бабаевского и Тюльганского месторождений (с содержанием SiO <sub>2</sub> свыше 20 до 70%)	0,45	0,025	100	0,0045	0,01	12
337	630- 08-0	Углерода оксид (Углерод окись; углерод моноокись; угарный газ)	44,15	3	1	0,0044	0,01	13
322	7664 -93-9	Серная кислота /по молекуле H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /	0,0035	0,001	1000 0	0,0035	0,008	14
2936	-	Пыль древесная	1,37	0,4	10	0,0013	0,003	15
328	-	Сажа	0,11	0,05	100	0,0011	0,002	16

Продолжение таблицы 14

Код	CAS	Наименование вещества	Выброс, т/год	RFC	TW	Hri	Вклад $\sum$ HRI, %	Ранг неканц.
344	-	Фториды неорганические плохо растворимые - (алюминия фторид, кальция фторид, натрия гексафторалюминат)	0,0107	0,013	1000	0,0010 7	0,002	17
616	1330 -20-7	Диметилбензол (смесь о-, м-, п- изомеров) (Метилтолуол)	0,104	0,1	100	0,0010 4	0,002	18
2902	-	Взвешенные вещества	0,07	0,075	100	0,0007	0,001	19
342	7664 -39-3	Фтористые газообразные соединения /в пересчете на фтор/ гидрофторид (Водород фторид; фтороводород)	0,0066	0,014	1000	0,0006 6	0,001	20
2930	-	Пыль абразивная	0,047	0,02	100	0,0004 7	0,001	21
2914	-	Пыль (неорганическая) гипсового вяжущего из фосфогипса с цементом	0,36	0,5***	10	0,0003 6	0,0009	22
2750	-	Сольвент нефтя	0,34	0,2***	10	0,0003 4	0,0008	23
2754	-	Алканы C12-19 (в пересчете на C)	0,32	1*	10	0,0003 2	0,0008	24
1325	50- 00-0	Формальдегид (Муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид)	0,0024	0,003	1000	0,0002 4	0,0006	25
621	108- 88-3	Метилбензол (Фенилметан)	0,17	0,4	10	0,0001 7	0,0004	26
303	7664 -41-7	Аммиак (Азота гидрид)	0,014	0,1	100	0,0001 4	0,0003	27
1317	75- 07-0	Ацетальдегид (Уксусный альдегид)	0,001	0,009	1000	0,0001	0,0002	28
602	71- 43-2	Бензол (Циклогексатриен; фенилгидрид)	0,0056	0,03	100	0,0000 56	0,0001	29
2978	-	Пыль тонко измельченного резинового вулканизата из отходов подошвенных резин	0,0053	0,1***	100	0,0000 53	0,0001	30
1210	123- 86-4	Бутилацетат (Бутиловый эфир уксусной кислоты)	0,033	0,4	10	0,0000 33	0,0000 8	31
333	7783 -06-4	Дигидросульфид (Водород сернистый, дигидросульфид, гидросульфид)	0,0003	0,002	1000	0,0000 3	0,0000 7	32
1555	64- 19-7	Этановая кислота (Этановая кислота; метанкарбоновая кислота)	0,029	0,25	10	0,0000 2900	0,0000 7	33
1119	110- 80-5	2-Этоксиэтанол (2-Этоксиэтиловый эфир; моноэтиловый эфир этиленгликоля; этокси-2-этанол)	0,026	0,2	10	0,0000 26	0,0000 6	34

Продолжение таблицы 14

Код	CAS	Наименование вещества	Выброс, т/год	RFC	TW	Hri	Вклад $\sum$ HRI, %	Ранг неканц.
415	-	Смесь предельных углеводородов $C_1H_4-C_5H_{12}$	0,21	50**	1	0,0000 21	0,0000 5	35
2744	-	Синтетические моющие средства "Бриз", "Вихрь", "Лотос", "Лотос-автомат", "Юка", "Эра"	0,0021	0,03** *	100	0,0000 21	0,0000 5	36
1042	71- 36-3	Бутан-1-ол (Бутиловый спирт)	0,15	2,06	1	0,0000 15	0,0000 3	37
146	1317 -38-0	Медь оксид/в пересчете на медь/(Медь окись; тенорит)	1,00E-06	0,0000 2	1000 00	0,0000 1	0,0000 2	38
155	497- 19-8	диНатрий карбонат (Натрий углекислый; натриевая соль угольной кислоты)	0,0009	0,05**	100	0,0000 09	0,0000 2	39
501	109- 67-1	Пентилены (амилены - смесь изомеров) (альфа-п-Амилен; пропилэтилен)	0,007	1,5*	10	0,0000 07	0,0000 1	40
1061	64- 17-5	Этанол (Этиловый спирт; метилкарбинол)	0,068	100	1	0,0000 068	0,0000 1	41
2704	8032 -32-4	Бензин (нефтяной, малосернистый)/в пересчете на углерод/	0,06	3,5	1	0,0000 06	0,0000 1	42
184	7439 -92-1	Свинец и его неорганические соединения/в пересчете на свинец/(Свинец)	6,00E-06	0,0005	1000 0	0,0000 06	0,0000 1	43
2952	-	Пыль текстолита	0,0005	0,04** *	100	0,0000 05	0,0000 1	44
316	7647 -01-0	Гидрохлорид/по молекуле HCl/(Водород хлорид)	0,0005	0,02	100	0,0000 05	0,0000 1	45
416	-	Смесь предельных углеводородов $C_6H_{14}-C_{10}H_{22}$	0,046	5**	1	0,0000 046	0,0000 1	46
2868	-	Эмульсол (смесь: вода - 97,6%; нитрит натрия - 0,2%; сода кальцинированная - 0,2%, масло минеральное - 2%)	0,00031	0,05** *	100	0,0000 031	0,0000 07	47
1401	67- 64-1	Пропан-2-он (Диметилкетон; диметилформальдегид)	0,023	31,2	1	0,0000 023	0,0000 05	48
207	1314 -13-2	Цинк оксид /в пересчете на цинк/	0,00008	0,035	100	0,0000 008	0,0000 02	49
3721	-	Пыль мучная	0,0001	0,4**	10	0,0000 001	0,0000 002	50
168	2165 1-19- 4	Олово оксид/в пересчете на олово/(Олово монооксид; олово закись)	3,00E-06	0,02	100	0,0000 0003	0,0000 0008	51
ВВс его			3869,58489			39,237	100	
Примечание: * - принят по По ПДКмр **- принят по ПДКсс ***- принят по ОБУВ								

В результате реализации этапа идентификации опасности из списка выбрасываемых в атмосферный воздух ОАО «Искитимцемент» (51 наименование веществ), было исключено 36 веществ и отобрано для реализации последующих этапов оценки риска 16 веществ, в т.ч. 6 веществ, обладающих канцерогенными свойствами, это - сажа, бензол, бенз(а)пирен, формальдегид, ацетальдегид, свинец и его соединения (табл. 15).

Таблица 15 - Перечень химических веществ, включенных для оценки риска

Код	Наименование вещества	CAS	Обоснование*	Ранг канц.	Ранг неканц. (RFC)	Включение в оценку риска
2909	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния менее 20% (доломит, пыль цементного производства - известняк, мел, огарки, сырьевая смесь, пыль вращающихся печей, боксит и другие)	-	В, П		1	+
301	Азота диоксид (Двуокись азота; пероксид азота)	10102-44-0	В, П, КС,Ф		2	+
304	Азот (II) оксид (Азот монооксид)	10102-43-9	В, П,Ф		3	+
2908	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния 70 - 20% (шамот, цемент, пыль цементного производства - глина, глинистый сланец, доменный шлак, песок, клинкер, зола кремнезем и другие)	-	В, П, К*		4	+
143	Марганец и его соединения/в пересчете на марганец (IV) оксид/	7439-96-5	П, К*,Ф		5	+
330	Сера диоксид	7446-09-5	КС,П,Ф		7	+
703	Бенз(а)пирен	50-32-8	К, КС	2	11	+
337	Углерода оксид (Углерод окись; углерод моноокись; угарный газ)	630-08-0	КС		13	+

## Продолжение таблицы 15

Код	Наименование вещества	CAS	Обоснование*	Ранг канц.	Ранг неканц. (RFC)	Включение в оценку риска
328	Сажа	-	К,Ф	1	16	+
2902	Взвешенные вещества	-	П, В,КС		19	+
342	Фтористые газообразные соединения /в пересчете на фтор/ гидрофторид (Водород фторид; фтороводород)	7664-39-3	КС		20	+
1325	Формальдегид (Муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид)	50-00-0	К, КС	4	25	+
303	Аммиак (Азота гидрид)	7664-41-7	КС		27	+
1317	Ацетальдегид (Уксусный альдегид)	75-07-0	К	5	28	+
602	Бензол (Циклогексатриен; фенилгидрид)	71-43-2	К, КС,Ф	3	29	+
184	Свинец и его неорганические соединения/в пересчете на свинец/(Свинец)	7439-92-1	К, КС	6	43	+

Примечание: П – высокий приоритет (ранг по HRI с учётом существующего положения (СП) и перспективы (П)); К – канцерогены; Ф – есть фоновые концентрации; В – высокий объем выброса; К\* - потенциально канцероген; КС - «Короткий список» основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Российской Федерации.

Свойства химических веществ, включенных в перечень для оценки риска.

1. Сажа - высокодисперсный продукт, смесь частиц угля с различными органическими и неорганическими компонентами. Гигиенический норматив в атмосферном воздухе: ПДК<sub>мр</sub> – 0,15 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>сс</sub> – 0,05 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>сг</sub> – 0,025 мг/м<sup>3</sup>. RfCi хр. – 0,05 мг/м<sup>3</sup>. Класс опасности – 3. Канцероген, группа МАИР – 1, SF – 0,0155 (мг/(кг\*сут)), обладает мутагенными свойствами. Токсическое действие сопровождается рисками повышения заболеваемости болезнями верхних дыхательных путей и легких. При производственном контакте отмечается риск формирования профессионального антракоза и пылевого бронхита. Наиболее агрессивны частицы угольной пыли размером менее 5 мкм, способные проникать

и накапливаться в легочной ткани. Следует отметить, что более длительный контакт при меньшей концентрации оказывает более выраженный эффект, чем менее длительный контакт, но более интенсивный. Наиболее частое осложнение заболеваний системы органов дыхания - туберкулез. Канцерогенная опасность воздействия соединений углерода связана с наличием в саже бензо[а]пирена, в связи с чем, сажу рассматривают как возможный этиологический фактор развития злокачественных опухолей верхних дыхательных путей, легких и кожи. Мутагенную активность сажи связывают с наличием в ней 1-нитропирена.

2. Бензол - ароматический углеводород, токсичен, канцерогенен. Гигиенический норматив в атмосферном воздухе: ПДК<sub>мр</sub> – 0,3 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>сс</sub> – 0,06 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>сг</sub> – 0,005 мг/м<sup>3</sup>, RfCi<sub>хр.</sub> – 0,03 мг/м<sup>3</sup>. Класс опасности - 2. Группа МАИР – 1, SF – 0,027 (мг/(кг\*сут)). Действие паров бензола оказывает воздействие на центральную нервную систему, повреждает кроветворную систему. Бензол накапливается в костном мозге, в клетках которого идет усиленный метаболизм, создается депо бензола и его метаболитов. Вызывает нарушения гемопоэза, синтеза нуклеиновых кислот, в том числе ДНК, приводит к нарушениям в хромосомных структурах; обладает канцерогенной активностью, определяет риски миелоидного и лимфобластного лейкоза. Объективные симптомы хронического отравления неспецифичны и сопровождаются головной болью, утомляемостью, одышкой, слабостью, нарушениями сна, жалобами на боли в области сердца, отмечается замедление пульса и снижение кровяного давления, появляются кровоизлияния в коже. Нередко хроническое воздействие бензола является причиной развития разных форм анемий.

3. Бенз(а)пирен - полиароматический углеводород, токсичен, канцерогенен. Гигиенический норматив в атмосферном воздухе: ПДК<sub>сс</sub> – 0,000001 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>сг</sub> – 0,000001 мг/м<sup>3</sup>. RfCi<sub>хр.</sub> – 0,000001 мг/м<sup>3</sup>. Класс опасности – 1. Группа МАИР – 1, SF – 3,9 (мг/(кг\*сут)). Канцерогенный эффект бенз(а)пирена обусловлен его повреждением гена p53, контролирующего пролиферацию клеток и формирование опухоли. Наряду с канцерогенным эффектом, обладает сенсibiliзирующим, эмбриотропным, гонадотропным, тератогенным и мутагенным эффектами.



4. Свинец - легкоплавкий тяжёлый металл, токсичен, обладает канцерогенными свойствами. Гигиенический норматив в атмосферном воздухе: ПДКсг – 0,00015 мг/м<sup>3</sup>. RfCi хр. – 0,0005 мг/м<sup>3</sup>. Класс опасности – 1. Группа МАИР – 2А, SF – 0,042 (мг/(кг\*сут)). При длительном воздействии он вызывает снижение когнитивных функций, умственную отсталость и хронические заболевания мозга. Подавляет ферментативные процессы превращения порфиринов и инкорпорацию железа в протопорфирин с образованием гема. Изменения нервной системы: жалобы на головную боль, утомляемость, раздражительность, нарушение сна, ухудшение памяти, симптоматика двигательного полиневрита, снижение слуха, нарушения усвоения витаминов и формирование гиповитаминоза В1, В12, С.

5. Диоксид азота - газ с резким неприятным запахом. Гигиенический норматив в атмосферном воздухе: ПДК мр – 0,2 мг/м<sup>3</sup>, ПДК сс – 0,04 мг/м<sup>3</sup>, ПДКсг – 0,04 мг/м<sup>3</sup>. RfCi хр. – 0,04 мг/м<sup>3</sup>. Класс опасности – 3. Диоксид азота обладает выраженным раздражающим действием на органы дыхания и слизистые оболочки, поражает органы дыхания, центральную нервную систему, кровь. В крови образуются нитраты и нитриты, которые вызывают расширение сосудов и снижение кровяного давления. Попадая в кровь, нитриты превращают оксигемоглобин в метгемоглобин. У больных с хроническими обструктивными заболеваниями вызывает снижение легочной вентиляции, утяжеляет астматический статус у астматиков. Длительное воздействие диоксида азота вызывает широкий спектр ответных реакций. В первую очередь со стороны респираторной системы – от изменений на клеточном уровне до эмфиземоподобных изменений в легочном отделе. Длительное воздействие NO<sub>2</sub> повышает чувствительность организма к бактериальным и вирусным инфекциям. Наиболее чувствительной группой к диоксиду азота являются дети 5-12 лет.

6. Взвешенные вещества - пыль неорганического происхождения. Гигиенический норматив в атмосферном воздухе: ПДКмр – 0,5 мг/м<sup>3</sup>, ПДКсс – 0,15 мг/м<sup>3</sup>, ПДКсг – 0,075 мг/м<sup>3</sup>. RfCi хр. – 0,075 мг/м<sup>3</sup>. Класс опасности – 3.

Взвешенные частицы PM10. Гигиенический норматив в атмосферном воздухе: ПДКмр – 0,3 мг/м<sup>3</sup>, ПДКсс – 0,06 мг/м<sup>3</sup>, ПДКсг – 0,04 мг/м<sup>3</sup>. RfCi хр. – 0,04 мг/м<sup>3</sup>.

Взвешенные частицы PM<sub>2.5</sub>. Гигиенический норматив в атмосферном воздухе: ПДК<sub>мр</sub> – 0,16 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>сс</sub> – 0,035 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>сг</sub> – 0,025 мг/м<sup>3</sup>. RfCi хр. – 0,025 мг/м<sup>3</sup>.

Увеличение концентраций пылевых частиц с диаметром 10 мкм в атмосферном воздухе на 10 мкг/м<sup>3</sup> приводит к возрастанию частоты заболеваний бронхитом у детей на 11%. Воздействие пыли на ткани легких способствует развитию токсического альвеолита. При увеличении среднесуточной концентрации пылевых частиц размером менее 10 мкм (PM<sub>10</sub>) на 10 мкг/м<sup>3</sup> частота симптомов со стороны верхних дыхательных путей возрастает на 3,5%, обращаемость и госпитализация по поводу респираторных заболеваний - на 0,84%, частота применения бронходилататоров - на 2%, смертность от заболеваний органов дыхания - на 1,2%, смертность от сердечно-сосудистых заболеваний - на 0,8%.

7. Азота оксид — газ, токсичен, ПДК<sub>мр</sub> – 0,4 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>сг</sub> – 0,06 мг/м<sup>3</sup>. RfCi хр. – 0,06 мг/м<sup>3</sup>, при вдыхании поражает дыхательные пути, обладает гематотоксическим и нейротоксическим эффектами. Класс опасности – 3.

8. Марганец – металл, является политропным ядом, поражающим также лёгкие, сердечно-сосудистую и нервную систему. Гигиенический норматив в атмосферном воздухе: ПДК<sub>мр</sub> – 0,01 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>сс</sub> – 0,001 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>сг</sub> – 0,00005 мг/м<sup>3</sup>. RfCi хр. – 0,00005 мг/м<sup>3</sup>. Класс опасности – 2.

При хронической ингаляции проявляется в виде нарушений психики, сопровождается снижением функции внешнего дыхания, тахикардией. При длительном воздействии приводит к изменениям в экстрапирамидной системе и формированию симптоматики болезни Паркинсона.

9. Сера диоксид – бесцветный газ с характерным резким запахом. Гигиенический норматив в атмосферном воздухе: ПДК<sub>мр</sub> – 0,5 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>сс</sub> – 0,05 мг/м<sup>3</sup>. RfCi хр. – 0,02 мг/м<sup>3</sup>. Класс опасности – 3.

В высоких концентрациях токсичен. Повышенное содержание диоксида серы в воздухе может вызывать насморк, кашель, охриплость, першение в горле.

10. Оксид углерода – бесцветный токсичный газ без вкуса и запаха, легче воздуха. Является токсичным. ПДК<sub>мр</sub> – 5,0 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>сс</sub> – 3,0 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>сг</sub> – 3,0 мг/м<sup>3</sup>, RfCi хр. – 3,0 мг/м<sup>3</sup>. Класс опасности – 4.

Вызывает головную боль; шум в ушах, одышку, тахикардию. Токсическое действие обусловлено образованием карбоксигемоглобина. Оксид углерода вытесняет O<sub>2</sub> из оксигемоглобина крови, образуя карбоксигемоглобин.

11. Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния.

Пыль неорганическая с содержанием двуокси кремния до 20%. Гигиенический норматив в атмосферном воздухе: ПДК<sub>мр</sub> – 0,5 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>сс</sub> – 0,15 мг/м<sup>3</sup>. RfCi хр. – 0,05 мг/м<sup>3</sup>. Класс опасности – 3.

Пыль неорганическая с содержанием двуокси кремния 70-20%. Гигиенический норматив в атмосферном воздухе: ПДК<sub>мр</sub> – 0,3 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>сс</sub> – 0,1 мг/м<sup>3</sup>. RfCi хр. – 0,1 мг/м<sup>3</sup>. Класс опасности – 3.

Увеличение концентраций пылевых частиц в атмосферном воздухе на ~10 мкг/м коррелирует с ростом на 1% показателей смертности. Указывается также на рост заболеваний органов дыхания (бронхит, астма и др.) при повышении концентраций пыли в атмосферном воздухе. При повышении концентрации пыли на ~10 мкг/м наблюдается снижение функций легких у детей (на ~0,15%). Одновременно отмечается увеличение показателей заболеваемости органов дыхания (на ~0,8%), а также показателей смертности в результате поражений легких (на ~3,4%). По результатам опытов на животных предполагается, что вследствие воздействия пыли на ткани легких развивается процесс токсического альвеолита. Эпидемиологическими исследованиями установлено, что при увеличении концентрации пыли с диаметром 10 мкм на 10 мкг/м<sup>3</sup> наблюдается снижение функции легких у детей на 15%, одновременно увеличивается заболеваемость детей болезнями органов дыхания на 0,8%, а также смертность населения от заболеваний легких на 3,4%.

12. Фтористые газообразные соединения

Гигиенический норматив в атмосферном воздухе: ПДК<sub>мр</sub> – 0,02 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>сс</sub> – 0,014 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>сг</sub> – 0,005 мг/м<sup>3</sup>. RfCi хр. – 0,014 мг/м<sup>3</sup>. Класс опасности – 2.

Фтороводород токсичен и, согласно некоторым данным, обладает слабым наркотическим действием. Он может попасть в организм человека через дыхательные пути, при проглатывании кислоты и через кожу. После ингаляционного отравления нередки серьезные поражения легких и хронические бронхиты. Длительное воздействие даже невысоких концентраций фтороводорода может привести к хроническому отравлению. Для него характерны носовые кровотечения, насморк, образование язв на слизистых оболочках, кашель, хронический бронхит, разрушение зубов, замедленное сердцебиение, понижение кровяного давления, нарушение состава крови.

### 13.Формальдегид

Гигиенический норматив в атмосферном воздухе: ПДК мр – 0,05 мг/м<sup>3</sup>, ПДК сс – 0,01 мг/м<sup>3</sup>, ПДК сг – 0,003 мг/м<sup>3</sup>. RfCi хр. – 0,003 мг/м<sup>3</sup>. Класс опасности– 2. Канцероген, группа МАИР – 1, SF – 0,046 (мг/(кг\*сут)).

Бесцветный газ с едким удушающим запахом. Сильный восстановитель. Конденсируется с аминами. Применяется в химической, металлургической, текстильной, резиновой, фармацевтической, бумажной промышленности и др. Растворим в воде, диэтиловом эфире, этаноле. Порог по запаху 0,07-0,2 мг/м<sup>3</sup>.

Постоянными источниками техногенного загрязнения атмосферы формальдегидом являются выбросы химических предприятий, производств строительных материалов, пенопластов, минераловатных плит, толя, рубероида, полимеров различного происхождения, а также вулканическая деятельность, жизнедеятельность человека, животных и растений, выхлопные газы самолетов и автотранспорта, содержащие от 6-9 до 49-378 мг/м<sup>3</sup>, природный газ, концентрации формальдегида в котором колеблются от 2,4 до 58,8 мг/м<sup>3</sup>. Трансформируется в окружающей среде с образованием муравьиной кислоты.

В организм человека поступает ингаляционным, пероральным и накожным путем. Общее поступление формальдегида в организм человека в день составляет (в мг): с пищей – 1,5-14,0; с атмосферным воздухом – 1,0-5,0; с питьевой водой – 0,2. Курение 20 сигарет в день служит источником 1 мг формальдегида.

При избыточном поступлении оказывает общетоксическое действие, вызывает поражение ЦНС, легких, печени, почек, органов дыхания. Обладает раздражающим, аллергенным, мутагенным, канцерогенным действием. Подавляет активность SH-ферментов, угнетает синтез нуклеиновых кислот, нарушает обмен витаминов.

#### 14. Аммиак

Гигиенический норматив в атмосферном воздухе: ПДК мр – 0,2 мг/м<sup>3</sup>; ПДК сс – 0,1 мг/м<sup>3</sup>, ПДК сг – 0,04 мг/м<sup>3</sup>. RfCi хр. – 0,1 мг/м<sup>3</sup>. Класс опасности – 4.

По физиологическому действию на организм относится к группе веществ удушающего и нейротропного действия, способных при ингаляционном поражении вызвать токсический отёк лёгких и тяжёлое поражение нервной системы. Аммиак обладает как местным, так и резорбтивным действием. Пары аммиака сильно раздражают слизистые оболочки глаз и органов дыхания, а также кожные покровы. Пары аммиака вызывают обильное слезотечение, боль в глазах, химический ожог конъюнктивы и роговицы, потерю зрения, приступы кашля, покраснение и зуд кожи. При соприкосновении сжиженного аммиака и его растворов с кожей возникает жжение, возможен химический ожог с пузырями, изъязвлениями. Кроме того, сжиженный аммиак при испарении поглощает тепло, и при соприкосновении с кожей возникает обморожение различной степени. Запах аммиака ощущается при концентрации 37 мг/м<sup>3</sup>. Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны производственного помещения составляет 20 мг/м<sup>3</sup>. Раздражение зева проявляется при содержании аммиака в воздухе 280 мг/м<sup>3</sup>, глаз – 490 мг/м<sup>3</sup>. При действии в очень высоких концентрациях аммиак вызывает поражение кожи: 7-14 г/м<sup>3</sup> – эритематозный, 21 г/м<sup>3</sup> и более – буллёзный дерматит. Токсический отёк лёгких развивается при воздействии аммиака в течение часа с концентрацией 1,5 г/м<sup>3</sup>. Кратковременное воздействие аммиака в концентрации 3,5 г/м<sup>3</sup> и более быстро приводит к развитию общетоксических эффектов. Предельно допустимая концентрация аммиака в атмосферном воздухе населённых пунктов равна: среднесуточная 0,04 мг/м<sup>3</sup>; максимальная разовая 0,2 мг/м<sup>3</sup>.

## 15.Ацетальдегид

Гигиенический норматив в атмосферном воздухе: ПДК мр – 0,01 мг/м<sup>3</sup>; ПДК сг – 0,005 мг/м<sup>3</sup>. RfCi хр. – 0,009 мг/м<sup>3</sup>. Класс опасности– 3. Канцероген, группа МАИР – 2В, SF – 0,0077 (мг/(кг\*сут)).

Ингаляционное воздействие ацетальдегида 1\*10<sup>5</sup> мг/м<sup>3</sup> в течение 30 мин вызывало у здоровых мужчин во время вдыхания повышение частоты сердечных сокращений. Сразу после ингаляции изменение амплитуды тремора и выносливости к статической мышечной нагрузке. На 3 сутки после воздействия изменение большинства кардиореспираторных показателей физической работоспособности. На 7 сутки различие с контрольной группой сохранялось лишь по уровню потребления кислорода. Функциональное состояние ЦНС и умственная работоспособность под влиянием ацетальдегида в этих условиях не изменялись.

Внутривенное введение 5 % раствора ацетальдегида со скоростью 20.6-82,4 мг/мин в течение 36 мин вызывает у здоровых людей увеличение частоты пульса и легочной вентиляции, снижение СО<sub>2</sub> в альвеолярном воздухе. Ингибирует колониобразующую способность бронхиального эпителия. Оказывает цитотоксическое действие.

Хроническое воздействие концентрации 100-400 мг/м<sup>3</sup> вызывает преходящее раздражение слизистых ВДП, конъюнктивиты. При более высоких концентрациях учащение пульса, ночные поты; в тяжелых случаях удушье, резкий болезненный сухой кашель, головные боли, бронхиты, пневмонии. У работниц, имеющих производственный контакт с ацетальдегидом. обнаружена функциональная неполноценность иммунокомпетентных клеток.

Мутагенное и канцерогенное действие. Данные о канцерогенности ацетальдегида для человека неадекватны, отнесен к группе 2В — возможным канцерогенам для человека. Фактор канцерогенного потенциала при ингаляционном действии – 0,0077.

Средой, обеспечивающей экспозицию вредных веществ в организм человека, в соответствии с задачами исследования был принят атмосферный воздух. Сценарий воздействия соответствовал условиям селитебной территории,

изучались острые и хронические эффекты. Для получения расчетных концентраций приоритетных химических веществ выбросов ОАО «Искитимцемент» были использованы: материалы тома ПДВ для ОАО «Искитимцемент», предусматривающего предельный суммарный выброс в год не более 3,9 тыс. тонн, проект санитарно-защитной зоны (СЗЗ) ОАО «Искитимцемент»; УПРЗА ЭКОЛОГ, версия 4.6 ФИРМА "ИНТЕГРАЛ". Метеорологические параметры условий рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на исследуемой территории были получены от Западно-Сибирского управления по гидрометеорологии в виде метео-файла (табл.16).

Таблица 16 - Метеорологические параметры

Наименование характеристик	Величина
Средняя температура наружного воздуха самого жаркого месяца, °С	25,6
Средняя температура наружного воздуха самого холодного месяца, °С	-18,8
Коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы, А	200
Максимальная скорость ветра в данной местности (повторяемость превышения в пределах 5%), м/с	28

Расчет среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе проводился по ранее принятым координатным условиям (табл.17).

Таблица 17 - Координаты контрольных точек

№	Координаты точки (м)		Высота (м)	Тип точки
	X	Y		
1	-6,14	-537,79	2,0	на границе СЗЗ
2	-562,68	161,86	2,0	на границе СЗЗ
3	6,77	762,10	2,0	на границе СЗЗ
4	870,54	1063,12	2,0	на границе СЗЗ
5	1554,84	460,99	2,0	на границе СЗЗ
6	1579,70	-477,66	2,0	на границе СЗЗ
7	1059,94	-1240,16	2,0	на границе СЗЗ
8	184,75	-1415,19	2,0	на границе СЗЗ
9	-86,00	279,00	2,0	на границе расчетной СЗЗ
10	-25,00	-13,00	2,0	на границе расчетной СЗЗ

## Продолжение таблицы 17

№	Координаты точки (м)		Высота (м)	Тип точки
	X	Y		
11	261,00	-145,00	2,0	на границе расчетной СЗЗ
12	385,00	-371,00	2,0	на границе расчетной СЗЗ
13	469,00	-601,00	2,0	на границе расчетной СЗЗ
14	459,00	-803,00	2,0	на границе расчетной СЗЗ
15	393,00	-922,00	2,0	на границе расчетной СЗЗ
16	447,00	-1092,00	2,0	на границе расчетной СЗЗ
17	618,00	-1005,00	2,0	на границе расчетной СЗЗ
18	674,00	-1113,00	2,0	на границе расчетной СЗЗ
19	918,00	-928,00	2,0	на границе расчетной СЗЗ
20	1254,00	-247,00	2,0	на границе расчетной СЗЗ
21	1493,00	153,00	2,0	на границе расчетной СЗЗ
22	1406,00	414,00	2,0	на границе расчетной СЗЗ
23	-123,00	384,00	2,0	ул. Школьная, напротив д.90
24	-271,00	105,00	2,0	ул. Советская, напротив д.73
25	47,00	-498,00	2,0	ул. Кирова, напротив д.36
26	466,00	-1173,00	2,0	перекресток ул. Советской и ул. Чайкиной
27	-419,00	-1632,00	2,0	ул. Дорожная д.2
28	263,00	-2105,00	2,0	Центральный микрорайон напротив д.10
29	653,00	-1526,00	2,0	ул. Томская д.2а
30	1106,00	-767,00	2,0	ул. Матросова, напротив д.33
31	2008,00	-892,00	2,0	ул. Гоголя, напротив д.2
32	1799,00	-524,00	2,0	ул. Некрасова, напротив д.46
33	1587,00	60,00	2,0	ул. Известковая 4-я, 1а
34	1855,00	647,00	2,0	ул. Тельмана, напротив д.40

По расчётным данным Наибольшие концентрации отмечались в точках в юго-западном направлении от промышленной площадки (точки 11-14) и в северо-западном, северном и северо-восточном направлениях (точки 3, 4, 5, 9, 10, 21, 22, 23, 33, 34) – табл. 17.

Результаты оценки канцерогенного риска. Вероятность развития канцерогенных эффектов определялась воздействием сажи, бенз(а)пирена, бензола, свинца и его соединений, формальдегида, ацетальдегида. Основной вклад в величину канцерогенного риска вносила сажа (77,9- 97,5%). По результатам расчёта среднегодовых концентраций наибольшие значения содержания сажи в атмосферном воздухе (0,0004мг/м<sup>3</sup>) от площадного источника отмечались в точках 11 и 13 (вклад сажи соответственно составлял 95% и 93%), при этом в точке 13



расчётные концентрации сажи были практически одинаковыми. Индивидуальный канцерогенный риск от воздействия сажи составлял  $1,33 * 10^{-6}$ , т.е. был на уровне приемлемого риска. Пересчет значений канцерогенного риска с учетом фактических выбросов ОАО «Искитимцемент», а также фоновых концентраций канцерогенов не превысил значения  $1,0 * 10^{-5}$ , соответственно продолжал оставаться на уровне приемлемого риска.

При оценке неканцерогенного риска, наибольшие коэффициенты опасности при регламентированных значениях предельно допустимых выбросов были получены от воздействия РМ 2,5. Среднегодовые концентрации для приоритетных веществ были получены расчетным методом, для РМ 2,5, РМ10 – приняты фактические концентрации. В связи с тем, что коэффициенты опасности и индексы опасности оценивались для РМ 2,5, РМ10, для веществ – «пыль неорганическая с содержанием диоксида кремния», «сажа», «взвешенные вещества» неканцерогенный риск не рассчитывался.

При оценке индекса опасности по критическим органам и системам учитывались также превышения значений предельно допустимых выбросов, пропорциональных по всем выбрасываемым в атмосферу веществам, отмечавшимся в период 2016-2019 гг., превысившим значения ПДВ в 2016 г. на 60%, в 2017 г. на 100%, в 2018 г. на 120%, в 2019 г. на 140%.

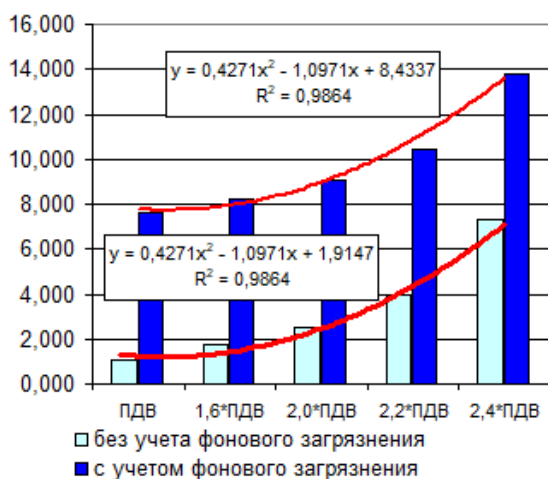
Индекс опасности, обусловленный выбросами в атмосферный воздух ОАО «Искитимцемент», определяющий риск формирования заболеваний органов дыхания, был выше 1,0, как при всех значениях превышений ПДВ (2016-2019 гг.), так и при нормативном значении ПДВ. Также следует отметить, что по отдельным коэффициентам опасности значения также превысили 1,0: по РМ2,5 (при выбросах, соответствующих 2-м ПДВ (2017 г.) и выше); по диоксиду азота (при выбросах, соответствующих 2,2-м ПДВ (2018 г.) и выше); по марганцу и его соединениям (при выбросах, соответствующих 2,4-м ПДВ (2019 г.) – табл. 18, рис.11.

Таблица 18 - Вещества, определяющие риск формирования болезней органов дыхания от выбросов ОАО «Искитимцемент» у жителей, проживающих в 1,5 км от промышленной площадки данного предприятия

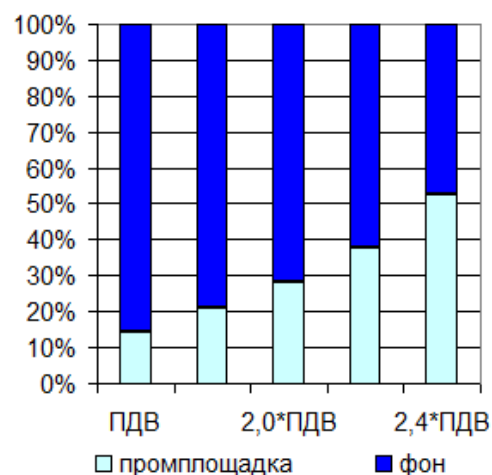
Органы дыхания					
Вещества	ПДВ	1,6*ПДВ	2*ПДВ	2,2*ПДВ	2,4*ПДВ
Марганец	0,103	0,165	0,331	0,728	1,748
Аммиак	0,008	0,0128	0,016	0,017	0,088
Азота диоксид	0,189	0,303	0,606	1,333	3,199
Азота оксид	0,02	0,032	0,04	0,044	0,081
Сера диоксид	0,01	0,017	0,033	0,073	0,276
Формальдегид	0,002	0,003	0,006	0,012	0,029
Фтористые газообразные	0,004	0,0064	0,008	0,0088	0,026
Ацетальдегид	0,009	0,0144	0,018	0,0198	0,086
PM 2,5	0,58	0,928	1,16	1,276	1,392
PM 10,0	0,156	0,25	0,312	0,343	0,374
Индекс опасности	1,081	1,729	2,551	3,949	7,299

Индекс опасности, определяющий риск формирования у населения заболеваний органов дыхания, обусловленных фоновым загрязнением атмосферного воздуха, был стабильно выше 1 и составлял 6,5, в т.ч. за счет коэффициентов опасности, определяющих фоновое загрязнение атмосферного воздуха по PM 2,5 – 2,6, PM 10 – 0,8 азота диоксиду – 1,75, азота оксиду – 0,83, диоксиду серы – 0,52 и марганцу – 0,019.

Суммарный индекс опасности, определяющий риск заболеваний органов дыхания (фоновое загрязнение + загрязнение от площадного источника) составлял при соблюдении регламентированных значений ПДВ (2010-2015 гг.) – 7,6; при превышениях значений ПДВ в 1,6 раза, соответствующих 2016 г. – 8,3; в 2,0 раза (2017 г.) – 9,1; в 2,2 раза (2018 г.) – 10,5; в 2,4 раза – 13,8 (рис.11). Удельный вес вклада в данный показатель выбросов ОАО «Искитимцемент» в зависимости от фактических выбросов данного предприятия за период 2010-2019 гг. имел значения от 14,2% до 52,8% (рис. 11.)



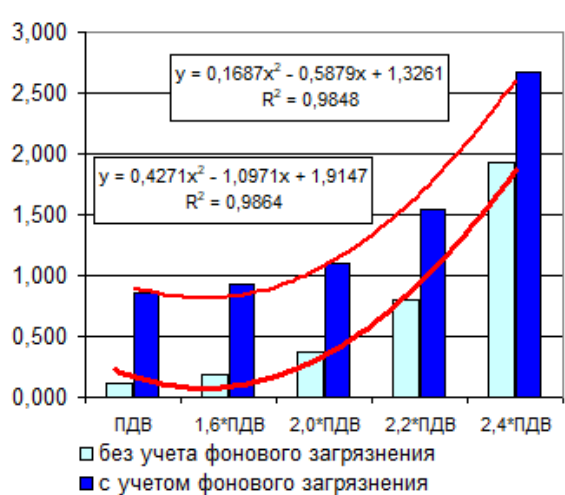
а) значения индекса опасности  
(в усл. ед.)



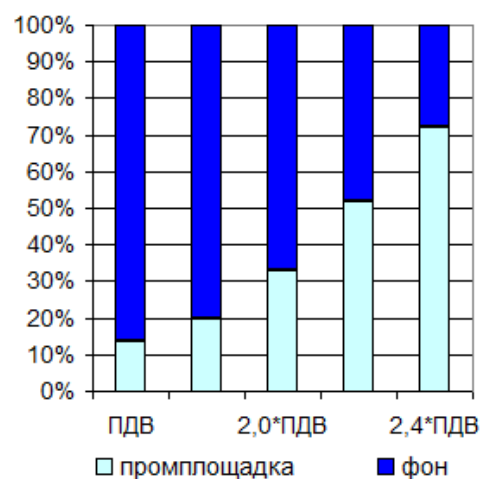
б) вклад загрязнений от ОАО  
«Искитимцемент» (в %)

Рисунок 11 - Значения индекса опасности формирования заболеваний органов дыхания для населения, проживающего на территории расположенной в 1,5 км от промышленной площадки и вклад в него выбросов ОАО «Искитимцемент» в суммарный индекс опасности

Индекс опасности, обусловленный выбросами в атмосферный воздух ОАО «Искитимцемент», определяющий риск формирования у населения заболеваний центральной нервной системы, был выше 1,0. Вещества, определяющие индекс опасности заболеваний центральной нервной системы: марганец, свинец, оксид углерода, бензол. Также - при превышениях ПДВ, соответствующих 2019 г. (в 2,4 раза), в том числе по марганцу и его соединениям коэффициент опасности составил 1,7 (рис.12).



а) значения индекса опасности  
(в усл. ед.)



б) вклад загрязнений от ОАО  
«Искитимцемент» (в %)

Рисунок 12 - Значения индекса опасности формирования заболеваний центральной нервной системы для населения, проживающего на территории расположенной в 1,5 км от промышленной площадки и вклад выбросов ОАО «Искитимцемент» в суммарный индекс опасности

Индекс опасности, определяющий риск заболеваний центральной нервной системы, обусловленный фоновым загрязнением атмосферного воздуха, составлял 1,2. Суммарный индекс опасности, определяющий риск формирования у населения заболеваний центральной нервной системы (фоновое загрязнение + загрязнение от площадного источника) составлял при соблюдении регламентированных значений ПДВ (2010-2015 гг.) – 1,3; при превышениях значений ПДВ в 1,6 раза, соответствующих 2016 г. – 1,4; в 2,0 раза (2017 г.) – 1,56; в 2,2 раза (2018 г.) – 2; в 2,4 раза – 3,1. Удельный вес вклада в данный показатель выбросов ОАО «Искитимцемент» в зависимости от фактических выбросов данного предприятия за период 2010-2019 гг. имел значения от 13,5% до 72,3%.

Индекс опасности, обусловленный выбросами в атмосферный воздух ОАО «Искитимцемент», определяющий риск формирования заболеваний крови определялся веществами: свинец, азота диоксид, азота оксид, оксид углерода, бензол и был ниже 1,0 при нормативном значении ПДВ (2010-2015 гг.) и при выбросах, превышающих ПДВ в 1,6 раза (2016 г.). Для выбросов, соответствующих

уровням 2017-2019 гг. значения индекса опасности были выше 1. По отдельным коэффициентам опасности значения также превысили 1,0: по диоксиду азота (при выбросах, соответствующих 2,2-м ПДВ (2018 г.) и выше); (рис.13).

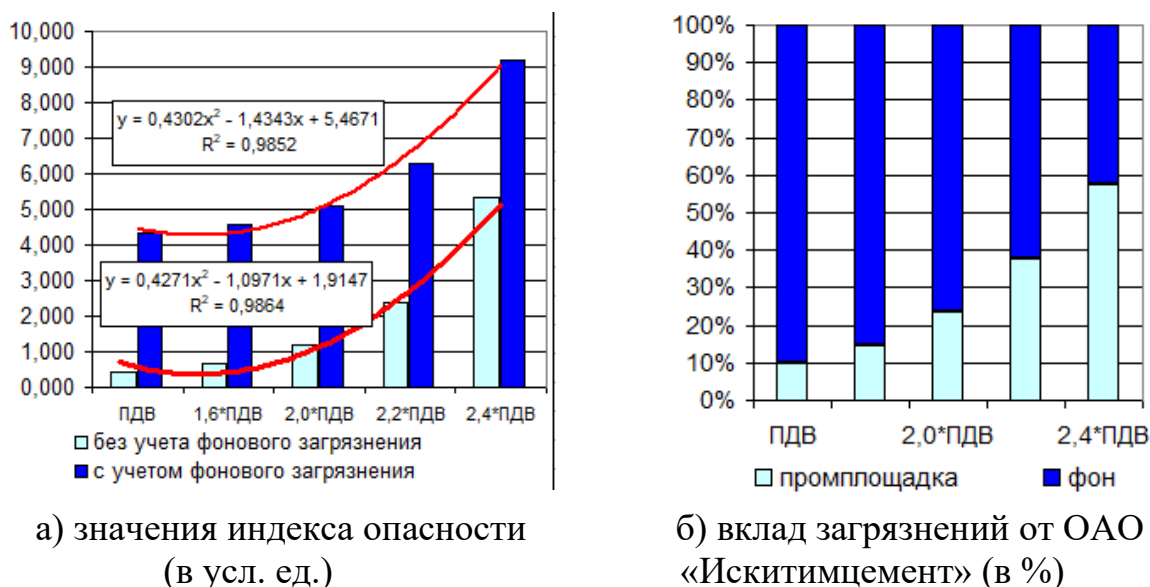


Рисунок 13 - Значения индекса опасности формирования заболеваний крови для населения, проживающего на территории расположенной в 1,5 км от промышленной площадки и вклад в него выбросов ОАО «Искитимцемент» в суммарный индекс опасности

Индекс опасности, определяющий риск формирования у населения заболеваний крови, обусловленных фоновым загрязнением атмосферного воздуха, был стабильно выше 1 и составлял 3,58, в т.ч. за счет коэффициентов опасности, определяющих фоновое загрязнение атмосферного воздуха азота диоксиду – 1,75, оксиду углерода – 1,0, азота оксиду – 0,83.

Суммарный индекс опасности, определяющий риск заболеваний крови (фоновое загрязнение + загрязнение от площадного источника) составлял при соблюдении регламентированных значений ПДВ (2010-2015 гг.) – 4; при превышениях значений ПДВ в 1,6 раза, соответствующих 2016 г. – 4,25; в 2,0 раза (2017 г.) – 4,78; в 2,2 раза (2018 г.) – 5,9; в 2,4 раза – 8,8 (рис.13). Удельный вес вклада в данный показатель выбросов ОАО «Искитимцемент» в зависимости от фактических выбросов данного предприятия за период 2010-2019 гг. имел значения от 9,8% до 57,7% (рис. 13.)

Индекс опасности, обусловленный выбросами в атмосферный воздух ОАО «Искитимцемент», определяющий формирование у населения заболеваний иммунной системы, обусловлен веществами: бензол, формальдегид, бенз(а)пирен) и был выше 1,0 (при превышениях ПДВ, соответствующих 2019 г. в 2,4 раза) (рис.14).

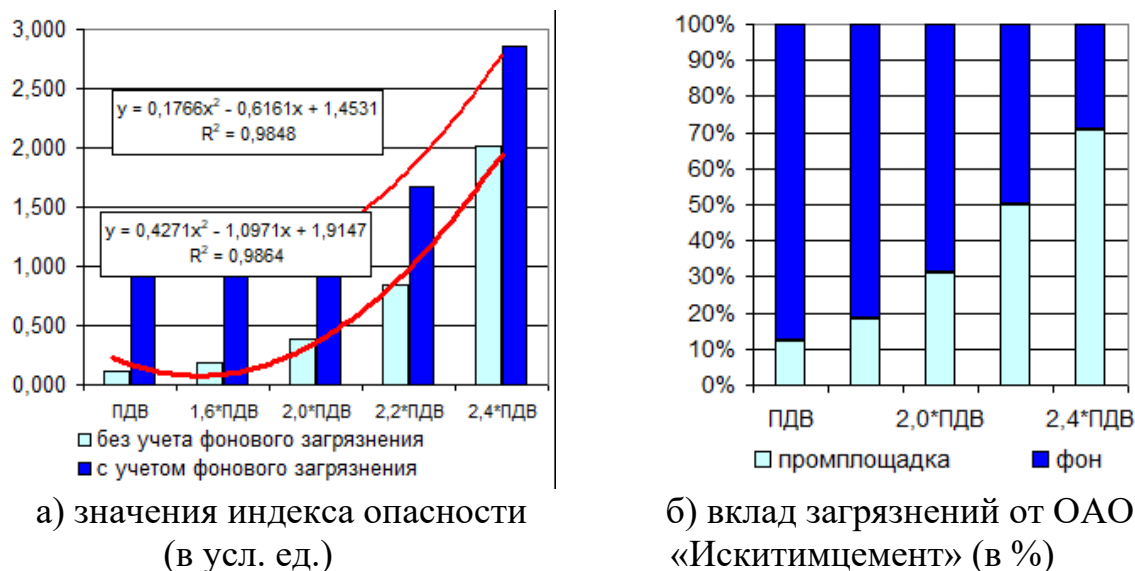


Рисунок 14 - Значения индекса опасности в формировании заболеваний иммунной системы для населения, проживающего на территории, расположенной в 1,5 км от промышленной площадки и вклад в него выбросов ОАО «Искитимцемент» в суммарный индекс опасности

Индекс опасности формирования у населения заболеваний иммунной системы, обусловленных фоновым загрязнением атмосферного воздуха, составлял 0,2.

Суммарный индекс опасности формирования у населения заболеваний иммунной системы (фоновое загрязнение + загрязнение от площадного источника) составлял при соблюдении регламентированных значений ПДВ (2010-2015 гг.) – 0,35; при превышениях значений ПДВ - в 1,6 раза, соответствующих 2016 г. – 0,4; в 2,0 раза (2017 г.) – 0,62; в 2,2 раза (2018 г.) – 1,08; в 2,4 раза – 2,25 (рис.14).

Индекс опасности, обусловленный выбросами в атмосферный воздух ОАО «Искитимцемент», определял формирование у населения заболеваний системы

кровообращения, сформирован действием веществ: бензол, углерода оксид и был выше 1,0 (при превышениях ПДВ, соответствующих 2019 г. в 2,4 раза) (рис.15).

Индекс опасности формирования у населения заболеваний системы кровообращения, обусловленных фоновым загрязнением атмосферного воздуха, составлял 1,7, в т.ч. по диоксиду серы – 0,52.

Индекс опасности возникновения заболеваний эндокринной системы, обусловленный выбросами в атмосферный воздух ОАО «Искитимцемент», формировался за счет свинца, составлял 1,8 при превышениях ПДВ, соответствующих 2019 г. (в 2,4 раза).

Суммарный индекс опасности формирования у населения заболеваний системы кровообращения (фоновое загрязнение + загрязнение от площадного источника) составлял при соблюдении регламентированных значений ПДВ (2010-2015 гг.) – 1,8; при превышениях значений ПДВ в 1,6 раза, соответствующих 2016 г. – 1,02; в 2,0 раза (2017 г.) – 1,88; в 2,2 раза (2018 г.) – 2,5; в 2,4 раза – 3,6 (рис. 16). Удельный вес вклада в данный показатель выбросов ОАО «Искитимцемент» в зависимости от фактических выбросов данного предприятия за период 2010-2019 гг. имел значения от 12,3% до 70,3% (рис. 16).

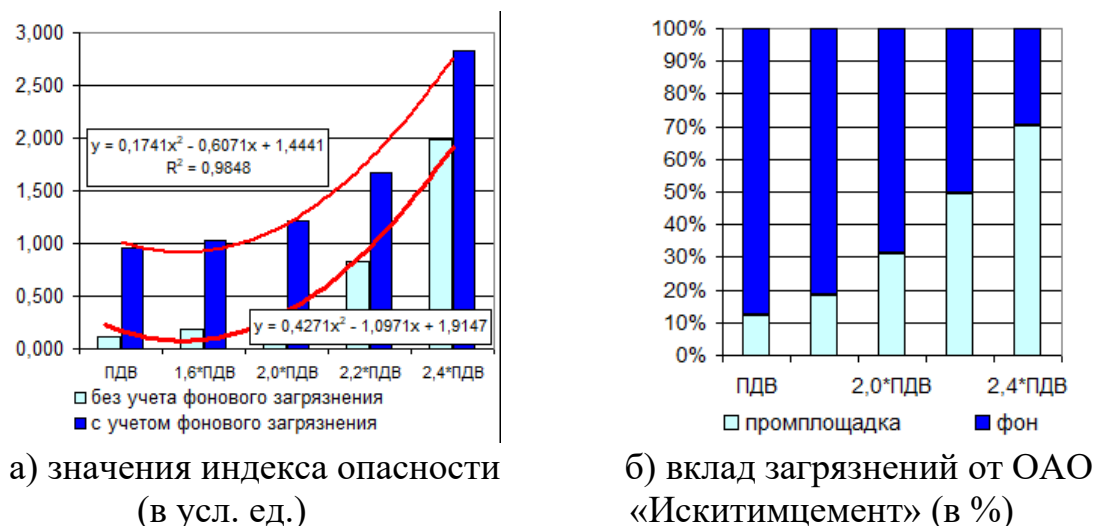


Рисунок 15 - Значения индекса опасности формирования заболеваний системы кровоснабжения для населения, проживающего на территории, расположенной в 1,5 км от промышленной площадки и вклад выбросов ОАО «Искитимцемент» в суммарный индекс опасности

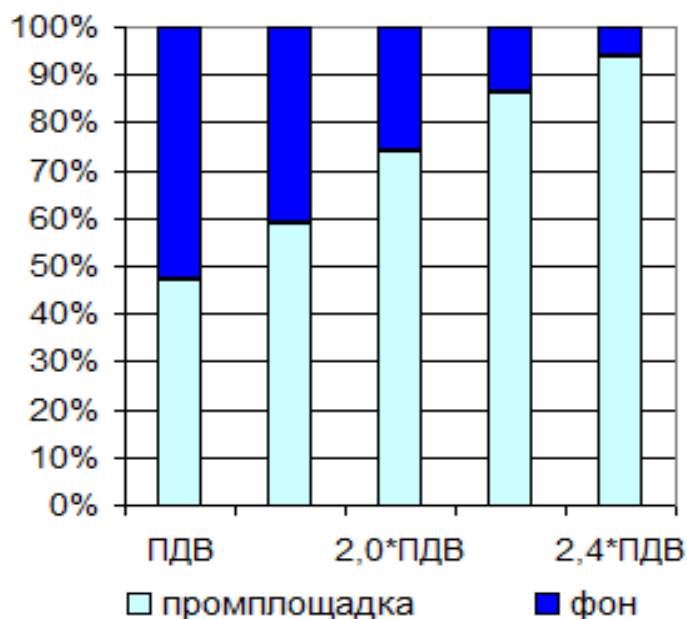


Рисунок 16 - Вклад выбросов ОАО «Искитимцемент» в суммарный индекс опасности

Индекс опасности, обусловленный выбросами в атмосферный воздух ОАО «Искитимцемент», определяющий формирование у населения заболеваний репродуктивной системы, формировался за счет действия свинца, бензола и был стабильно ниже 1,0.

Индекс опасности формирования у населения заболеваний репродуктивной системы, обусловленных фоновым загрязнением атмосферного воздуха, составлял 0,2.

Суммарный индекс опасности формирования у населения заболеваний репродуктивной системы (фоновое загрязнение + загрязнение от площадного источника) составлял при всех регистрируемых за период 2010-2019 гг. значений ПДВ– 1,20; удельный вес вклада в данный показатель выбросов ОАО «Искитимцемент» в зависимости от фактических выбросов данного предприятия за период 2010-2019 гг. имел значения от 0,1% до 1,5%.

Индекс опасности, обусловленный выбросами в атмосферный воздух ОАО «Искитимцемент», определяющий нарушений у детей роста и развития, был



стабильно ниже 1,0 и формировался за счет действия свинца, оксида углерода, бензола, бенз(а)пирена.

Индекс опасности формирования нарушений у детей роста и развития, обусловленных фоновым загрязнением атмосферного воздуха, составлял 1,2, в т.ч. по оксиду углерода – 1,00.

Суммарный индекс опасности формирования нарушений у детей роста и развития (фоновое загрязнение + загрязнение от площадного источника) составлял при всех регистрируемых за период 2010-2019 гг. значений ПДВ– 1,20; удельный вес вклада в данный показатель выбросов ОАО «Искитимцемент» в зависимости от фактических выбросов данного предприятия за период 2010-2019 гг. имел значения от 0,1% до 1,5%.

Таким образом, в ходе сравнительной оценки индексов опасности риска формирования заболеваний у населения, проживающего на территории, расположенной в 1,5 км от ОАО «Искитимцемент», обусловленных выбросами в атмосферный воздух ОАО «Искитимцемент», было установлено, что повышенные риски заболеваний болезнями органов дыхания отмечаются при всех изученных вариациях выбросов (на уровне ПДВ, а также превышающих ПДВ в 1,6 раза, 2,0 раза, 2,2 раза и 2,4 раза); повышенные риски заболеваний болезнями кроветворной системы - при превышениях ПДВ, характерных для 2017-2019 гг. (в 2,0 раза, 2,2 раза и 2,4 раза); повышенные риски заболеваний центральной нервной системы, системы кровообращения, эндокринной системы, репродуктивной системы – при превышениях ПДВ, характерных для 2019 г. (в 2,4 раза). Индексы опасности риска формирования нарушений роста и развития детей при всех изученных вариациях выбросов (на уровне ПДВ, а также превышающих ПДВ в 1,6 раза, 2,0 раза, 2,2 раза и 2,4 раза) были ниже 1,0 .

Таблица 19 – Индексы опасности риска формирования заболеваний у населения, проживающего на территории, расположенной в 1,5 км от промышленной площадки от выбросов в атмосферный воздух ОАО «Искитимцемент»

Показатели	ПДВ	1,6*ПДВ	2,0*ПДВ	2,2*ПДВ	2,4*ПДВ
Органы дыхания	1,08	1,73	2,55	3,95	7,30
Кровь	0,42	0,68	1,20	2,37	5,31
Иммунная система	0,12	0,19	0,38	0,84	2,01
Нервная система	0,11	0,18	0,37	0,80	1,93
Система кровообращения	0,12	0,19	0,38	0,83	1,98
Эндокринная система	0,11	0,17	0,34	0,75	1,81
Процессы роста и развития детей	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02
Репродуктивная система	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02
Примечание: ПДВ – предельно допустимый выброс					

Фоновые загрязнения атмосферного воздуха, характерные для территории, расположенной в 1,5 км от ОАО «Искитимцемент», обусловившие превышения суммарных индексов опасности (с учетом фонового загрязнения) были представлены концентрациями, определившими индексы опасности по диоксиду азота – 1,75; по оксиду углерода – 1,0; по оксиду азота – 0,83; по диоксиду серы – 0,52; саже – 0,1;

Суммарные индексы опасности риска формирования заболеваний у населения, проживающего на территории, расположенной в 1,5 км от промышленной площадки ОАО «Искитимцемент» (с учетом фонового загрязнения), при всех изученных вариациях выбросов, были выше 1,0 по риску формирования заболеваний органов дыхания, болезней кроветворной системы, репродуктивной системы, нарушений роста и развития детей. При этом, риски заболеваний репродуктивной системы, нарушений роста и развития детей были полностью обусловлены индексами опасности от фонового загрязнения атмосферного воздуха на территории, расположенной в 1,5 км от промышленной площадки ОАО «Искитимцемент» (табл. 20).

Таблица 20 – Суммарные индексы опасности риска формирования заболеваний у населения, проживающего на территории, расположенной в 1,5 км от промышленной площадки ОАО «Искитимцемент» (с учетом фонового загрязнения)

Показатели	PВ	1,6*PВ	2,0*PВ	2,2*PВ	2,4*PВ
Органы дыхания	7,60	8,25	9,07	10,47	13,82
Кровь	4,0	4,25	4,78	5,9	8,8
Иммунная система	0,35	0,4	0,62	1,08	2,25
Система кровообращения	1,8	1,82	1,88	2,5	3,6
Нервная система	0,85	0,92	1,11	1,54	2,67
Процессы роста и развития детей	1,20	1,20	1,20	1,21	1,22
Репродуктивная система	1,20	1,20	1,20	1,21	1,22
Примечание: PВ – регламентированный выброс					

В структуре суммарных, с учетом фонового загрязнения, индексов опасности формирования заболеваний у населения, проживающего на территории, расположенной в 1,5 км от ОАО «Искитимцемент», вклад выбросов ОАО «Искитимцемент» при всех изученных вариациях выбросов (на уровне ПДВ – 2010-2015 гг., а также превышающих ПДВ в 1,6 раза (2016 г.), в 2,0 раза (2017 г.), в 2,2 раза (2018 г.) и в 2,4 раза (2019 г.). по болезням органов дыхания составлял от 14,2% до 52,8%; по болезням крови – от 9,8% до 57,7%; по болезням иммунной системы - от 12,4% до 71,0%; по болезням системы кровообращения - от 12,2% до 70,3%; по болезням нервной системы - от 13,5% до 72,3%; по болезням эндокринной системы - от 47,4% до 93,8%; по заболеваниям репродуктивной системы - от 0,1% до 1,5%; по рискам нарушений роста и развития - от 0,1% до 1,5%.

На 50 и более процентов суммарные индексы опасности заболеваний были обусловлены выбросами ОАО «Искитимцемент» при объеме выбросов 2019 г. по болезням органов дыхания, кроветворной системы, болезней иммунной системы, системы кровообращения, центральной нервной и эндокринной

систем; при объеме выбросов, соответствующих 2018 г. – по болезням нервной, иммунной и эндокринной систем; при объеме выбросов, соответствующих 2017-2018 гг. – по болезням эндокринной системы (табл. 21).

Учитывая вышеизложенное, следует сделать вывод о том, что при расчёте ПДВ для ОАО «Искитимцемент» не в полном объеме были учтены риски формирования заболеваний органов дыхания, а превышения ПДВ к 2019 г. в 2,4 раза приводят к существенным рискам для здоровья населения, проживающего на расстоянии 1,5 км от промышленной площадки ОАО «Искитимцемент».

Таблица 21 – Удельный вес выбросов ОАО «Искитимцемент» в атмосферный воздух в суммарных индексах опасности формирования заболеваний у населения, проживающего на территории, расположенной в 1,5 км от промышленной площадки ОАО «Искитимцемент»

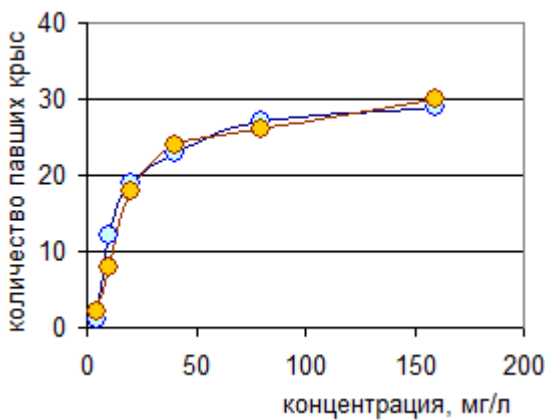
Заболевания	Индекс опасности				
	РВ	1,6*РВ	2,0*РВ	2,2*РВ	2,4*РВ
Кровотворная система	14,22	20,96	28,13	37,72	52,82
Органы дыхания	9,81	14,82	23,59	37,77	57,68
Кровотворная система	18,40	26,52	34,94	45,74	61,24
Печень	12,44	18,52	31,25	50,00	70,59
Иммунная система	12,28	18,30	30,93	49,63	70,28
Система кровоснабжения	13,46	19,93	33,15	52,10	72,27
Нервная система	47,35	59,00	74,21	86,36	93,82
Процессы роста и развития детей	0,09	0,14	0,29	0,63	1,50
Репродуктивная система	0,09	0,14	0,29	0,63	1,50
Примечание: РВ – регламентированный выброс					

### 4.3. Результаты изучения параметров токсикометрии пыли цемента

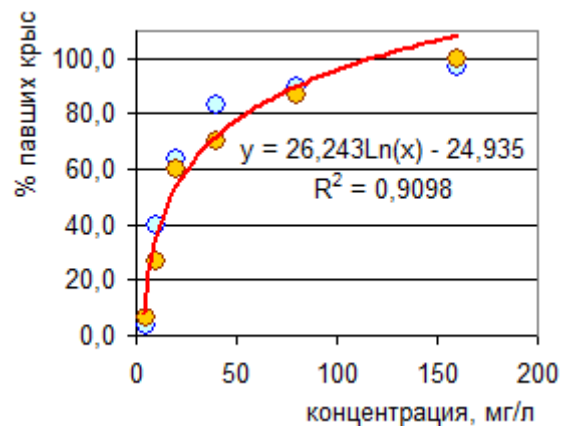
Принимая во внимание, что цемент состоит из окиси кальция ( $\text{CaO}$ , 62-67%), кварцевого стекла ( $\text{SiO}_2$ , 17-25%), триоксида алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 3-8%), оксида железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0-5%), оксида магния ( $\text{MgO}$ , 1-2%), шестивалентного хрома ( $\text{Cr}^{6+}$ ), никеля и в целом представлен частицами (PM), в т.ч. с диаметром менее 10 мкм и 2,5 мкм, для пыли цемента в ходе эксперимента были дополнительно в эксперименте изучены ее токсикологические свойства, установлены ориентировочно безопасные уровни воздействия. Параметры токсикометрии пыли цемента оценивались при ингаляционном, пероральном и кожном поступлении в организм лабораторных животных (белые мыши, крысы) [75,190,193,196,199,208]. Учитывая особенности компонентного состава цементной пыли, были рассчитаны изоэффективные коэффициенты (сумма С/ПДК) для максимально-разовой ( $0,3\text{мг/м}^3$ ) и среднесуточной ( $0,1\text{мг/м}^3$ ), составившие соответственно 2,07 и 1,153. Таким образом, при обосновании ОБУВ для цементной пыли учитывалась откорректированная величина  $\text{ПДК}_{\text{мр}}=0,3/2,07=0,14 \text{ мг/м}^3$ . А с учётом величин среднесуточной предельно допустимой концентрации и суммарного коэффициента опасности компонентного состава цементной пыли, составившего 1,153, для величины ОБУВ при расчёте в дальнейшем исходили из соотношения  $\text{ПДК}_{\text{сс}}=0,1/1,153=0,087 \text{ мг/м}^3$ .

Изучение острой и подострой токсичности образцов пыли цемента проводилось экспериментально при ингаляционном введении цементной пыли в организм лабораторных животных в пылевых затравочных камерах. Исследование проводилось на базе отдела токсикологии ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора. Острые опыты проводились 2-хкратно с группами животных (самки белых беспородных крыс и мышей). Животные подвергались воздействию цементной пыли в концентрациях: 5,0-10,0-20,0-40,0-80,0-160,0 мг/л воздуха. В каждой группе было по 30 животных. Продолжительность затравки составляла 4 часа. Наблюдение за животными для учета летальных эффектов и визуальных

признаков интоксикации проводилось в течение 14 дней. Статистически значимых различий в полученных результатах по 2-м группам отдельно по белым крысам и белым мышам выявлено не было ( $p > 0,05$ ). Сравнение  $CL_{50}$  для белых крыс ( $19,3 \pm 7,0$  мг/л) и белых мышей ( $14,4 \pm 5,1$  мг/л) статистически значимых различий в показателях не выявили ( $t = 1,21$ ;  $p > 0,05$ ) – рис.17,18. Таким образом, по величине  $CL_{50}$  пыль исследуемого цемента при аэрогенном пути поступления в организм была отнесена к веществам третьего класса опасности ( $CL_{50}$  в диапазоне 5001-50000 мг/м<sup>3</sup>).

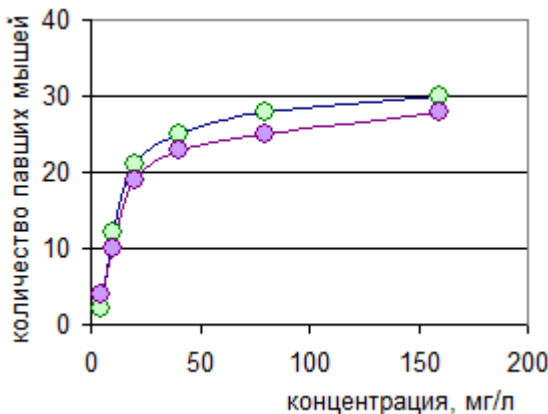


а) количество павших в эксперименте животных

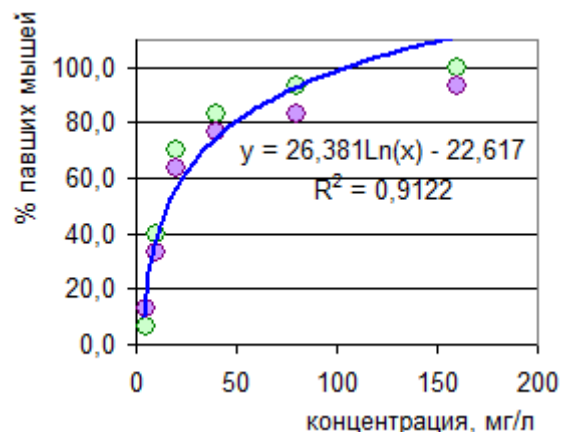


б) удельный вес павших в эксперименте животных

Рисунок 17 - Зависимость «концентрация – эффект» в остром опыте при ингаляционной затравке белых крыс (самок)



а) количество павших в эксперименте животных



б) удельный вес павших в эксперименте животных

Рисунок 18 - Зависимость «концентрация – эффект» в остром опыте при ингаляционной затравке белых мышей (самок)

Для определения  $CL_{50}$  при внутрижелудочном поступлении в организм лабораторных животных цементную пыль вводили однократно в виде суспензии в растительном масле. Были испытаны дозы: 100 – 300 – 1000 – 3000 – 6000 мг/кг. В каждой группе было по 20 животных, эксперимент повторялся двукратно, статистически значимых различий в полученных результатах не выявлено ( $p > 0,05$ ). Время наблюдения за состоянием лабораторных животных составляло 14 суток. При сравнении  $DL_{50}$  у мышей и белых крыс статистически значимых различий выявлено не было ( $t=0,15$ ;  $p > 0,05$ ) - для белых крыс  $CL_{50}$  составляло  $766,3 \pm 312,9$  мг/кг и для белых мышей –  $661,2 \pm 295,8$  мг/кг (рис.19, 20). Полученные в ходе эксперимента концентрации  $CL_{50}$  при пероральном пути поступления в организм, соответствовали третьему классу опасности ( $DL_{50}$  в диапазоне 151-5000 мг/кг).

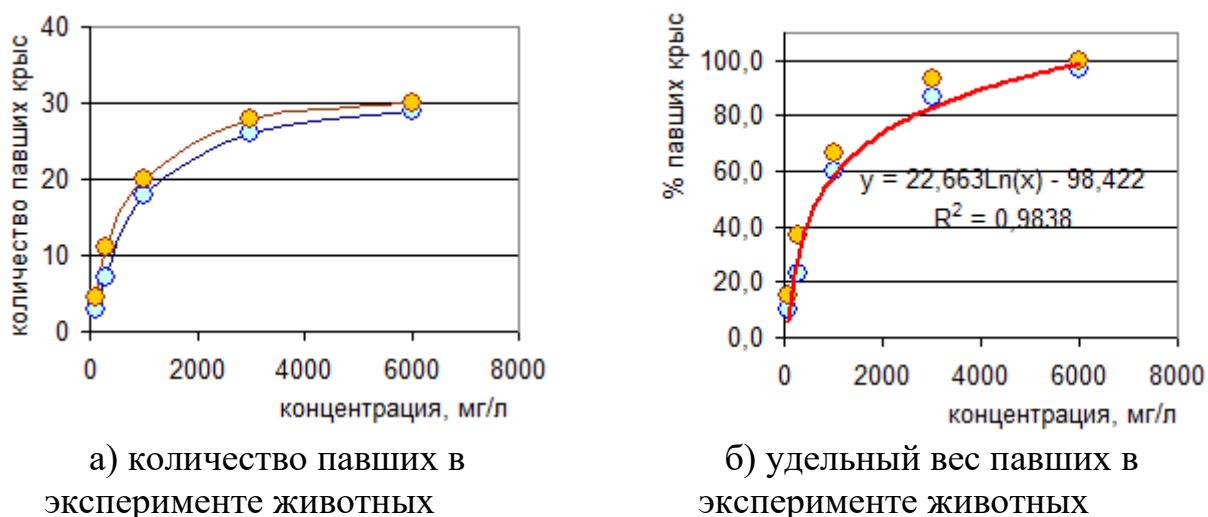


Рисунок 19 - Зависимость «концентрация – эффект» в остром опыте при пероральной заправке белых крыс (самок)

Для оценки раздражающего и аллергенного действия цементной пыли были проведены исследования на половозрелых крысах самцах. Животные были разделены на пять групп (одна контрольная и четыре опытных группы) по 30 особей в каждой. Для изучения кожно-раздражающего действия пыли были специально приготовлены на дистиллированной воде растворы с содержанием пыли – 10%, 1,0% и 0,1%. Подопытных животных помещали в индивидуальные клетки-пеналы, а хвосты опускали в пробирки с водным раствором пыли на 1 час

ежедневно (у контрольной группы хвосты опускали в чистую дистиллированную воду), эксперимент продолжался 14 дней. Наблюдение за животными проводилось в ежедневном режиме, оценивалась местная и общая реакции. У крыс контрольной группы эффекты кожно-раздражающего действия не выявлены ни у одной из особей. В течение всего периода наблюдения эффект раздражающего кожного действия был выявлен у 100% животных в эксперименте с 10% раствором пыли (рис.21).

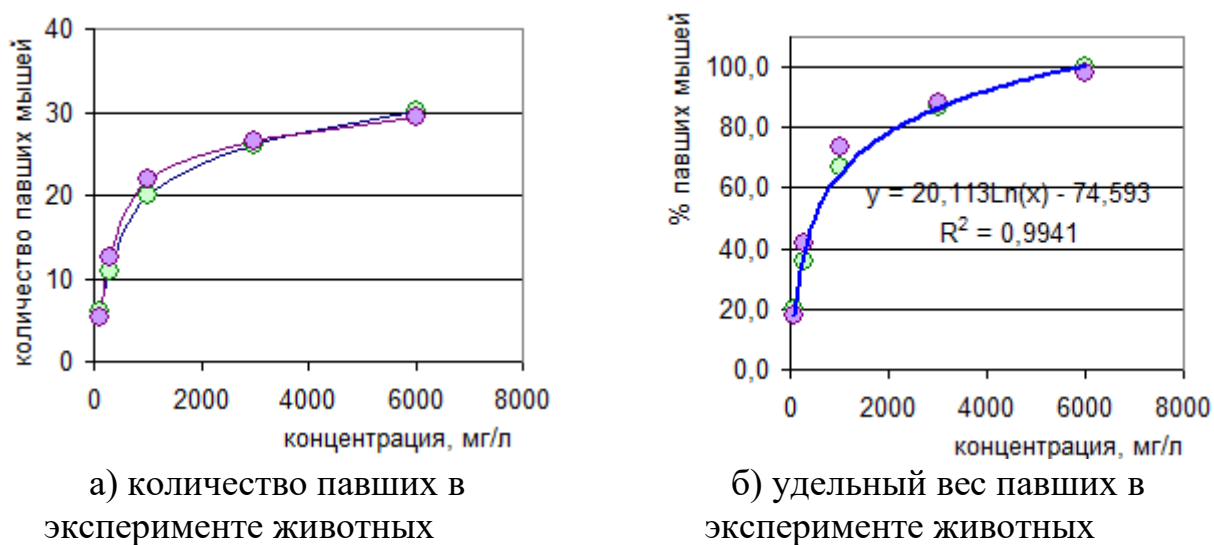


Рисунок 20 - Зависимость «концентрация – эффект» в остром опыте при пероральной заправке белых мышей (самок)

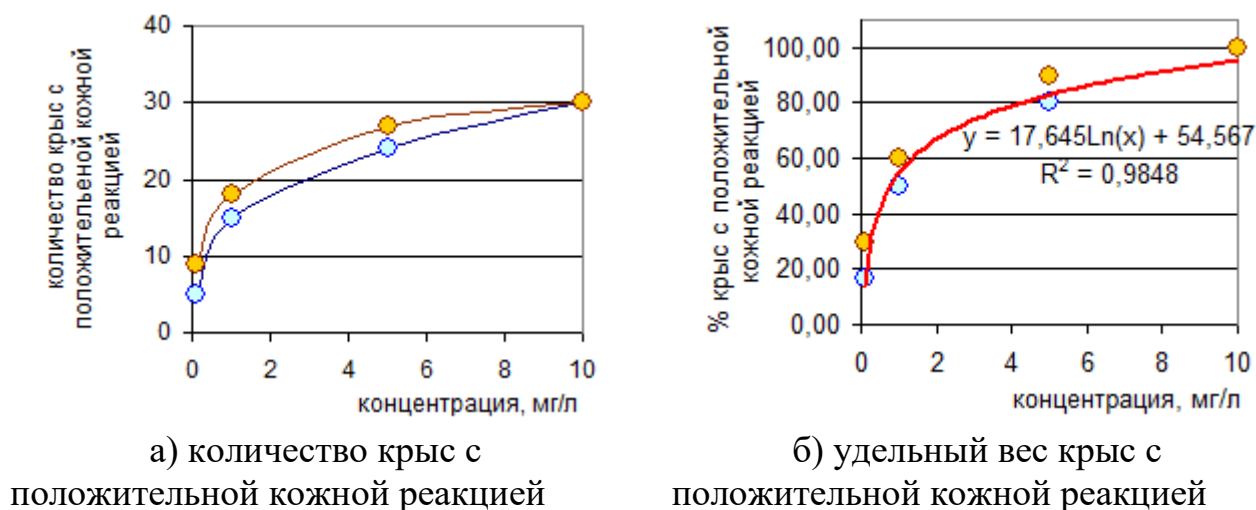
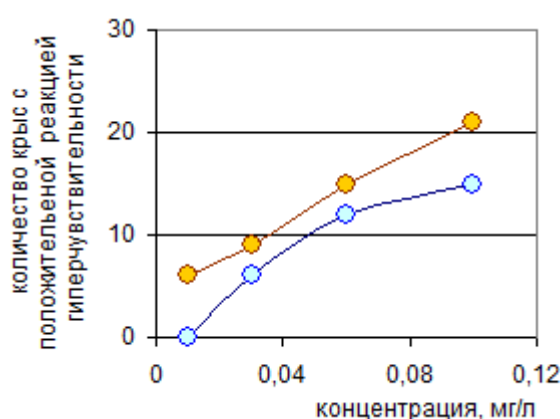


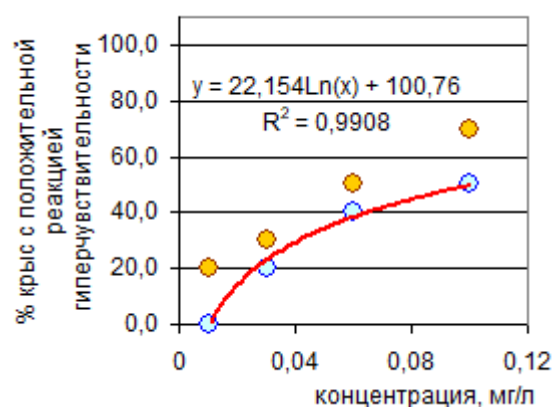
Рисунок 21 - Зависимость «концентрация – эффект» в подостром опыте кожно-раздражающего действия пыли цемента (на самцах белых крыс)



Пороговая концентрация по раздражающему действию на кожные покровы составила: для пыли 0,01%. Через 10 дней после окончания эксперимента на кожно-раздражающее действие подопытным животным были поставлены кожно-скарификационные пробы с 0,01% и 0,1% растворами соответствующей пыли. Наблюдение проводилось в течении 10 дней и выявило гиперчувствительность у части животных. По результатам испытаний были построены уравнения зависимости эффекта (процент животных с гиперчувствительностью к пыли цемента) от концентрации цементной пыли в растворе, действующей на кожу и получены значения пороговых концентраций (рис. 22.).



а) количество крыс с положительной реакцией ГНТ



б) удельный вес павших в эксперименте животных

Рисунок 22 - Зависимость «концентрация – эффект» в опыте на гиперчувствительность пыли цемента (на самцах белых крыс)

Таким образом, в результате токсикологических исследований цементной пыли были установлены основные показатели токсикометрии цементной пыли и определены значения ориентировочно безопасных уровней воздействия цементной пыли (табл.27).

Таблица 27 - Показатели токсикометрии цементной пыли

Показатели	Группа 1	Группа 2
Среднесмертельная концентрация в воздухе CL <sub>50</sub> , мг/л:		
Белые мыши	14,4±5,1	25,6±7,6
Белые крысы	19,3±7,0	25,2±7,0
Среднесмертельная доза при внутрижелудочном введении, DL <sub>50</sub> , мг/кг:		

Показатели	Группа 1	Группа 2
Белые крысы	766,3+312,9	1181,6+495,8
Белые мыши	661,2+295,8	745,9+459,5
Пороговая концентрация кожно-раздражающего действия (белые крысы), %	0,02	0,11
Пороговая концентрация по кожной пробе на гиперчувствительность (белые крысы), %	0,11	0,56

В соответствии с расчётными формулами были получены значения ориентировочно безопасных уровней воздействия: ингаляционного (ОБУВ = 0,41 мг/м<sup>3</sup>), перорального (ОБУВ = 0,12 мг/л) и перкутанного (ОБУВ = 0,10 г/кг), что по всем показателям соответствует 3 классу опасности химических соединений. Дополнение необходимой информации о пыли цемента позволило перейти к этапу оценки экспозиции.

Таким образом, полученные результаты параметров токсикометрии пыли цемента, позволяют уточнить расчетные значения индексов опасности, учитывая, что пыль цемента по показателям ОБУВ соответствовала третьему классу опасности, следовательно должна учитываться на этапе идентификации опасности как самостоятельная единица.

## **ГЛАВА 5. ИННОВАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЙ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И РАЗРАБОТКИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ, СНИЖАЮЩИХ РИСКИ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ**

### **5.1. Практика дополнения стандартной системы мониторинга загрязнения атмосферного воздуха исследованиями снегового покрова и математического моделирования загрязнений приземных слоев атмосферы с использованием малопараметрических методов описания процессов распространения примесей**

Применение расчётных методов для определения полей концентраций загрязнений атмосферного воздуха является существенным дополнением к мониторинговым лабораторно-инструментальным исследованиям. Необходимость их использования связана с актуальностью детальной экстраполяции имеющихся данных о загрязнении атмосферного воздуха в точках контроля на заданные локации, что с применением лабораторно-инструментальных методов исследование не всегда бывает возможно.

Вместе с тем, для достижения должной точности информации о загрязнении атмосферного воздуха, необходимо учитывать особенности территории, в том числе, локальные климатические условия распространения примесей в атмосфере, размещение промышленных предприятий и автомагистралей, тип застройки, высоту зданий, рельеф местности [6, 7, 9, 10, 27, 40, 59, 89, 107]. Следует отметить наличие достаточного количества неопределённостей в количественном составе поступающих в атмосферу газовых и аэрозольных примесей, процессах их дальнейшей химической трансформации. В связи с этим, результаты, полученные расчётным методом, необходимо сравнивать с экспериментальными данными [12, 14, 26, 89, 92, 101, 107, 153]. Учитывая невозможность решения данной задачи в части обеспечения должной плотности мониторинга загрязнений атмосферного воздуха в сложившейся системе мониторинга, не позволяющей обеспечить непрерывность измерений, большой интерес представляет использование для данных целей дополнительного объекта лабораторных исследований - исследование снежного покрова как природного планшета, накапливающего в себе загрязнения приземных слоев атмосферы за весь зимний период.

Несомненно, что исследование снежного покрова для правильной трактовки полученных результатов, должно быть сопряжено с результатами отдельных лабораторных исследований загрязнений атмосферного воздуха, с информацией о выбросах неподвижных (стационарных) и подвижных источников в атмосферный воздух [65]. Учитывая свойства природного планшета, данный подход позволяет обеспечить непрерывность измерений и создать необходимую плотность сети наблюдений.

В составе выбросов ОАО «Искитимцемент» в основном присутствует неорганическая пыль, окислы азота, серы, углерода, бенз(а)пирен (главы 3, 4), выбросы данного предприятия представляют значительный риск для здоровья населения (глава 3). Связующим звеном между результатами отдельных наблюдений за содержанием в приземных слоях атмосферы загрязняющих веществ, не обеспечивающих непрерывность измерений, и результатами исследований снежного покрова, для объективной их интерпретации требуется математическое моделирование закономерностей для данной территории переноса газовых и аэрозольных примесей и их осадений, что позволяет выполнять расчёты полей концентраций [11, 78, 108, 113].

Для определения содержания химического состава в пробах снежного покрова, отобранных в районе цементного завода; по полученным данным была проведена оценка уровня техногенной нагрузки, определяемой цементным заводом на прилегающую территорию.

Прямое численное моделирование поля концентрации примеси за пределами площадного источника является неординарной задачей, как правило, отсутствует информация о мощности эмиссии<sup>6</sup> во временном аспекте площадного источника. В этом случае рекомендовано использовать имеющиеся данные мониторинга загрязнения, а также прогностические решения полуэмпирического уравнения турбулентной диффузии в приземном и пограничном слоях атмосферы [14, 56, 79]. Известно, что на удалениях от площадного источника выброса порядка 7-10 км,

---

<sup>6</sup>Emissio – выпуск (выброс) в атмосферу с прямых и побочных продуктов сгорания.

убывание концентрации по оси шлейфа удовлетворительно описывается математическими соотношениями, позволяющими в агрегированном виде выражать неизвестные величины и проводить их оценивание по данным мониторинга [79, 80, 113].



Рисунок 23 - Схема отбора проб в окрестности цементного завода

Для решения задачи, позволяющей обеспечить непрерывность измерений, использовался снежный покров на разных удалениях экспериментальных локаций точек отбора проб от площадного источника (ОАО «Искитимцемент»). Маршруты отбора проб располагались по нескольким румбам относительно основных источников выброса неорганической пыли (рис. 23, табл. 28). Точки наблюдений находились в диапазоне расстояний от 0,4 до 3 км.

Таблица 28 - Геопривязка точек пробоотбора снега

Номер точки	Координаты		Расстояние от источника (км)	Направление маршрута пробоотбора
	N	E		
1	54,66	83,32	0,64	СВ
2	54,66	83,30	0,67	СЗ
3	54,67	83,30	1,32	СЗ
4	54,67	83,30	1,65	СЗ
5	54,67	83,29	2,11	СЗ
6	54,67	83,29	2,49	СЗ
7	54,67	83,27	3,39	ЗСЗ
8	54,67	83,31	1,18	С
9	54,66	83,31	0,8	С
10	54,66	83,31	0,67	С
11	54,66	83,32	0,46	ЮВ
12	54,65	83,32	0,93	ЮВ
13	54,70	83,35	5,24	СВ
14	54,71	83,31	5,75	С
15	54,68	83,25	4,44	ЗСЗ

При расчете средней концентрации в приземном слое атмосферы определяющее значение имели метеорологические условия, в том числе, так называемые, обычные метеоусловия, для которых применима степенная аппроксимация скорости ветра и коэффициента вертикального турбулентного обмена [34, 105]. Использование этих аппроксимаций, асимптотик полуэмпирического уравнения турбулентной диффузии и свойств статистических характеристик распределения скорости ветра и вертикального турбулентного обмена в приземном слое атмосферы с помощью специально разработанной аналитической матрицы была оценена плотность выпадений полидисперсной примеси за зимний период года.

Было исследовано 15 проб снега, отобранных в соответствии со схемой отбора проб. Вес проб снега находился в интервале 1,3 – 2,1 кг. Влияние ОАО «Искитимцемент» проявлялось в максимальных значениях рН, достигающих значения 11,1 (8,1-11,1). Удельная электропроводность проб также существенно варьировала от 45,8 до 221 мкСм<sup>7</sup>/см (табл. 29).

<sup>7</sup> В Международной системе единиц (СИ) единицей измерения электрической проводимости является сименс (русское обозначение – См); Микросименс на сантиметр (мкСм/см) - единица удельной электрической проводимости в системе СИ, доляная по отношению к сименсу на метр. 1 мкСм/см = 1 · 10<sup>-4</sup> См/м.

Вследствие того, что цементная пыль включает оксид кальция (CaO) и карбонат кальция (CaCO<sub>3</sub>), в пробах происходили следующие химические реакции:



При больших выбросах цементной пыли происходит защелачивание фильтрата проб.

Таблица 29 - Вес проб, осадок, pH и удельная электропроводность в локациях отбора проб

№ пробы	Вес пробы, кг	Вес осадка, г	Удельный вес осадка, г/кг	pH	Солесодержание, мг/л	Удельная электропроводность, мСм/м
1	1,06	0,2370	0,1309	10,02	50	82
2	0,81	1,2336	0,0719	10,3	44	72,5
3	1,22	0,2317	0,0975	10	40	66
4	1,02	0,1489	0,0899	9,42	28	45,8
5	0,92	0,2607	0,4972	10,6	74	122,5
6	1,02	0,1431	0,3478	11,1	135	221
7	1,15	0,0659	0,0907	10,7	69	115
8	1,24	0,1787	0,0937	10,6	59	97
9	1,00	0,3136	0,1222	10,65	58	112
10	0,88	0,3618	0,3159	10,9	80	131
11	0,72	0,2179	0,0671	8,1	39	64
14	0,95	0,1353	0,049	9,96	39	64
15	1,55	0,0631	0,1876	10,8	77	126,8

Концентрация пыли в исследуемых пробах составляла от 0,033 – 0,063 г/л на расстоянии 4 км и более от ОАО «Искитимцемент»; на территории размещения жилой зоны и образовательных организаций (в 1,5 км от ОАО «Искитимцемент») – 0,146-0,190 г/л; в 0,5 км от ОАО «Искитимцемент» - 0,303-1,523 г/л.

Оценка результатов лабораторных исследований отобранных проб снега на содержание химических элементов также свидетельствовала о постепенном снижении концентраций химических элементов при удалении от промплощадки «ОАО Искитимцемент» (табл.30), что позволило с помощью математических соотношений прогнозировать вычисляемые параметры химического состава осадков с последующим пересчетом в величины, соответствующие загрязнению атмосферного воздуха. Примеры результатов расчетов представлены на рис. 24.

Таблица 30 - Результаты лабораторных исследований отобранных проб снега на содержание химических элементов

Номер точки	Расстояние от источника (км)	Направление маршрута пробоотбора	Раствор + осадок, мкг/кг снега							
			Fe	Ni	Pb	Ti	Cd	Cr	V	Zn
1	0,64	СВ	3,608	0,032	0,101	0,425	0,013	0,046	0,027	0,280
2	0,67	СЗ	3,925	0,015	0,074	0,512	0,080	0,116	0,090	0,255
3	1,32	СЗ	3,160	0,019	0,070	0,404	0,008	0,036	0,023	0,355
4	1,65	СЗ	3,902	0,051	0,051	0,322	4,059	0,039	0,019	0,467
5	2,11	СЗ	5,013	0,012	0,059	0,737	0,002	0,047	0,035	0,262
6	2,49	СЗ	3,507	0,010	0,076	0,319	0,001	0,036	0,025	0,295
7	3,39	ЗСЗ	2,058	0,005	0,043	0,191	0,001	0,014	0,009	0,165
8	1,18	С	2,029	0,023	0,051	0,254	0,001	0,024	0,016	0,204
9	0,8	С	3,361	0,005	0,083	0,534	0,003	0,049	0,028	0,255
10	0,67	С	3,712	0,025	0,086	0,704	0,000	0,053	0,033	0,376
11	0,46	ЮВ	16,261	0,194	0,146	0,556	0,518	2,047	0,028	0,591
12	0,93	ЮВ	2,344	0,015	0,049	0,225	0,001	0,026	0,017	0,609
13	5,24	СВ	0,736	0,008	0,027	0,080	0,001	0,007	0,001	0,161
14	5,75	С	1,223	0,018	0,039	0,153	0,002	0,015	0,004	0,288
15	4,44	ЗСЗ	0,712	0,009	0,020	0,064	0,001	0,010	0,005	0,074

Продолжение таблицы 30

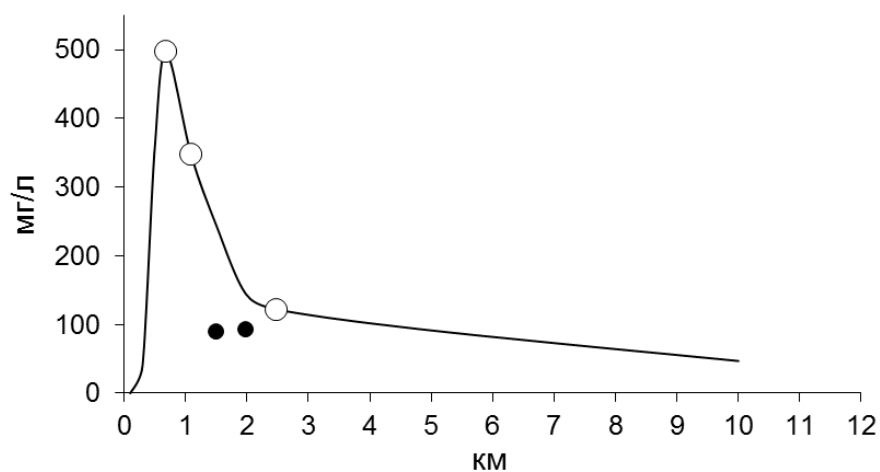
Номер точки	Расстояние от источника (км)	Направление маршрута пробоотбора	Осадок, мкг/кг снега							
			Fe	Ni	Pb	Ti	Cd	Cr	V	Zn
1	0,64	СВ	2,891	0,004	0,047	0,375	сл.	0,006	0,002	0,163
2	0,67	СЗ	3,783	0,005	0,061	0,490	0,001	0,007	0,003	0,213
3	1,32	СЗ	2,649	0,003	0,030	0,366	0,001	0,007	0,002	0,152
4	1,65	СЗ	2,257	0,002	0,029	0,282	0,001	0,005	0,002	0,133
5	2,11	СЗ	4,013	0,005	0,024	0,684	сл.	0,011	0,007	0,123
6	2,49	СЗ	2,010	0,002	0,018	0,249	сл.	0,004	0,002	0,088
7	3,39	ЗСЗ	1,068	0,002	0,007	0,140	сл.	0,003	0,002	0,035
8	1,18	С	1,686	0,002	0,027	0,216	сл.	0,003	0,001	0,092
9	0,8	С	3,343	0,005	0,063	0,519	0,001	0,008	0,003	0,225
10	0,67	С	3,343	0,006	0,078	0,662	0,001	0,011	0,004	0,281
11	0,46	ЮВ	3,253	0,006	0,045	0,406	0,001	0,007	0,003	0,172
12	0,93	ЮВ	1,299	0,003	0,013	0,178	сл.	0,004	0,001	0,074
13	5,24	СВ	0,279	0,001	0,007	0,051	сл.	0,001	сл.	0,034
14	5,75	С	0,804	0,001	0,006	0,128	сл.	0,002	0,002	0,026
15	4,44	ЗСЗ	0,535	0,001	0,004	0,057	сл.	0,001	0,001	0,015



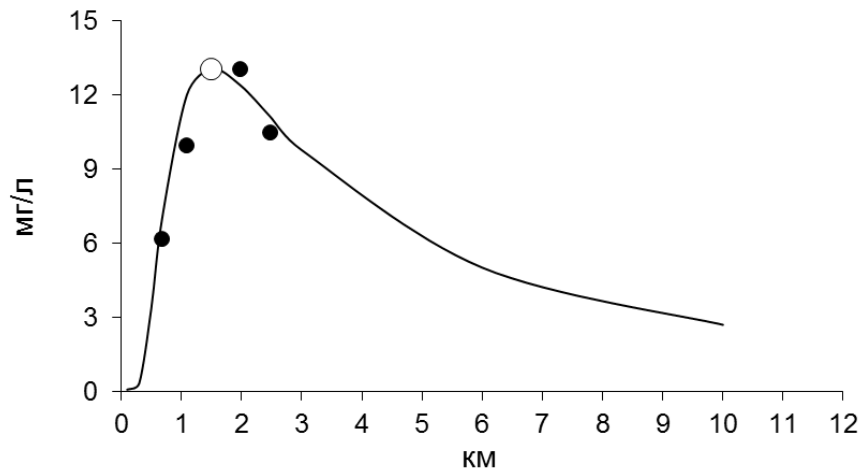
## Продолжение таблицы 30

Номер точки	Расстояние от источника (км)	Направление маршрута пробоотбора	Раствор, мкг/кг снега							
			Fe	Ni	Pb	Ti	Cd	Cr	V	Zn
1	0,64	СВ	0,718	0,028	0,054	0,051	0,012	0,040	0,025	0,117
2	0,67	СЗ	0,142	0,010	0,013	0,022	0,079	0,108	0,087	0,042
3	1,32	СЗ	0,511	0,016	0,040	0,038	0,007	0,030	0,021	0,203
4	1,65	СЗ	1,646	0,049	0,021	0,041	4,059	0,034	0,017	0,334
5	2,11	СЗ	1,000	0,006	0,035	0,053	0,001	0,036	0,027	0,139
6	2,49	СЗ	1,497	0,007	0,058	0,070	сл.	0,031	0,023	0,207
7	3,39	ЗСЗ	0,991	0,004	0,035	0,051	сл.	0,011	0,007	0,131
8	1,18	С	0,342	0,021	0,024	0,038	сл.	0,021	0,015	0,113
9	0,8	С	0,018	сл.	0,020	0,015	сл.	0,041	0,024	0,031
10	0,67	С	0,369	0,019	0,008	0,042	сл.	0,042	0,029	0,095
11	0,46	ЮВ	13,008	0,188	0,100	0,151	0,517	2,040	0,024	0,418
12	0,93	ЮВ	1,045	0,012	0,036	0,047	сл.	0,022	0,015	0,536
13	5,24	СВ	0,457	0,007	0,020	0,029	сл.	0,005	0,001	0,127
14	5,75	С	0,418	0,017	0,033	0,026	сл.	0,013	0,003	0,263
15	4,44	ЗСЗ	0,178	0,008	0,016	0,008	сл.	0,009	0,004	0,059

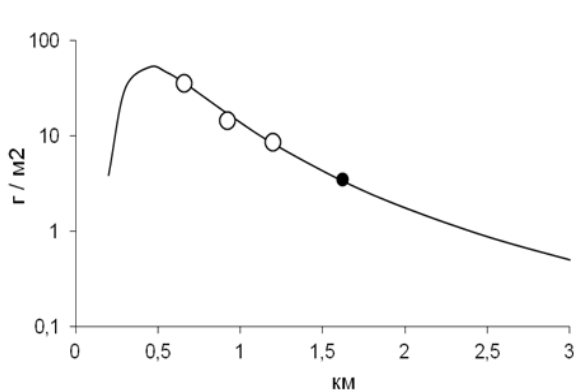
Определение содержания химических элементов в пробах снега осуществлялось с помощью метода атомной абсорбции и атомно-эмиссионной спектроскопии, а также капиллярного электрофореза.



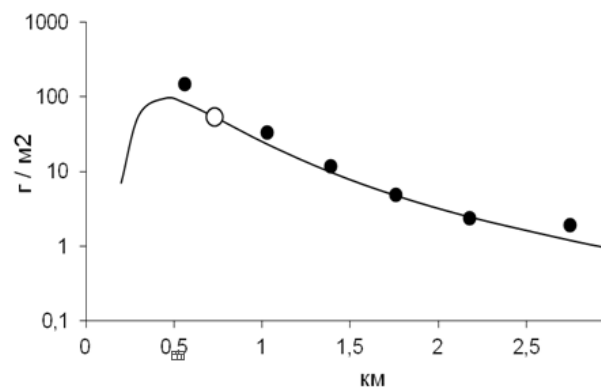
А) концентрация осадка



Б) суммы растворённого кальция и нитратов



В) пыль (северо-восток)



Г) пыль (север)

Рисунок 24 - Измеренная и вычисленная концентрация осадка, суммы растворённого кальция и нитратов, пыли в пробах снега; ○, ● - опорные и контрольные точки измерений

Согласие расчётов с данными наблюдений в контрольных точках было вполне удовлетворительным. Максимальные выпадения неорганической пыли находились в пределах 1,5 км, что указывает на достаточно разнородный дисперсный состав оседающих частиц. Вынос пыли в зимнее время в северо-западном направлении является преобладающим и обусловлен, по-видимому, особенностями местности. На данном маршруте величины рН варьируют в интервале 10,6–11,1 (всего 0,5 лог. ед.). Суммарная концентрация всех исследованных химических веществ и соединений также имела тенденцию к снижению концентрации с увеличением расстояния от ОАО «Искитимцемент», повторяя выявленные ранее закономерности распределения загрязняющих веществ в приземных слоях

атмосферы и накопления в изучаемом природном ландшафте (снеговой покров). Содержание полиароматических углеводородов определялось с помощью метода газовой хроматографии.

Полученные закономерности позволили определить величину суммарного выпадения неорганической пыли за зимний период от выбросов в атмосферу на разном расстоянии от цементного производства, а также смоделировать восстановленные поля плотности выпадений неорганической пыли ( $\text{г}/\text{м}^2$ ) в окрестностях Искитимского цементного завода (рис.25) и установить территорию повышенной плотности выпадений неорганической пыли от АО «Искитимцемент», т.е. территорию риска (рис.26).

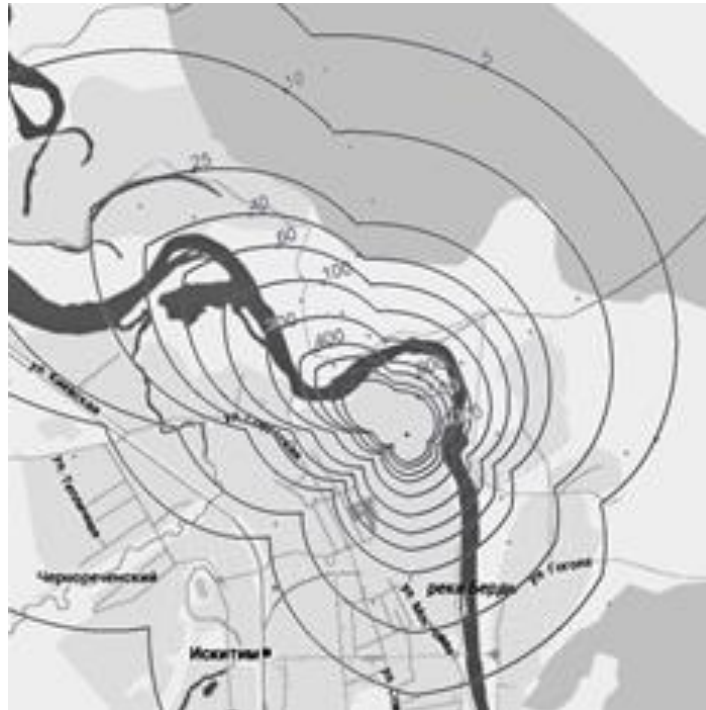


Рисунок 25 - Восстановленное поле плотности выпадений неорганической пыли ( $\text{г}/\text{м}^2$ ) в окрестностях ОАО «Искитимцемент»



Рисунок 26 - Карта-схема размещения объектов (детских садов и школ) в зоне повышенной плотности выпадений неорганической пыли от АО «Искитимцемент»

На территории «риска» располагается 1237 частных жилых дома, с общим числом жителей 6888 человек, 3 дошкольных образовательных организации (детский сад № 4 «Теремок» – 148 чел., детский сад № 5 «Золотой ключик» - 98 чел., детский сад № 9 «Незабудка» - 107 чел.) на 353 ребенка (10,0% от всех детей, посещающих дошкольные организации в г. Искитиме) и 2 общеобразовательные организации (СОШ №2 – 553 чел. и СОШ №6 – 249 чел.) с общей численностью обучающихся 802 ребенка (10,7% от всех детей, посещающих общеобразовательные организации в г. Искитиме) - рис.26, табл. 31,32.

Таблица 31 - Информация о количестве детей, посещающих дошкольные образовательные организации г. Искитим Новосибирской области

Организации дошкольного образования	Количество детей	Расстоянии менее 1 км (+/-) от границы СЗЗ*
1. ДС №3 "Дюймовочка"	160	-
2. ДС № 4 "Теремок"	148	+( ул. Томская, д. 9а.)
3. ДС № 5 "Золотой ключик"	98	+ (пер. Северный, д. 3)
4. ДС №9 "Незабудка"	64	+ (ул. Комсомольская, д. 50)
5. ДС №9 "Незабудка"	43	+( ул. Карьер Цемзавода, д. 10)
6. ДС № 10 «Ручеёк»	332	-
7. ДС № 12 «Берёзка»	130	-
8. ДС № 16 "Солнышко"	262	-
9. ДС № 17 «Огонек»	121	-
10. ДС № 19 "Золотая рыбка"	217	-
11. ДС № 20 "Орленок"	138	-
12. ДС № 21 «Колокольчик»	246	-

13. ДС №22 "Родничок"	218	-
14. ДС № 23 "Дельфинчик"	165	-
15. ДС №24 "Журавушка"	308	-
16. ДС № 25 "Медвежонок"	341	-
17. ДС №26 "Сказка"	240	-
18. ДС № 27 «Росинка»	307	-
Итого	3538	4 ДС/353 реб./10,0% от всех детей

Таблица 32 - Информация о количестве детей, посещающих общеобразовательные организации г. Искитим Новосибирской области

Организации основного общего образования	Количество детей	Расстоянии менее 1 км (+/-) от границы СЗЗ*
СОШ № 1	705	-
СОШ № 2	553	+ (ул. Кирова, д. 35)
СОШ №3	784	-
СОШ №4	957	-
СОШ №5	698	-
СОШ № 6	249	+ (ул. Гоголя, д. 24
Коррекционная школа № 7	125	-
СОШ № 8	815	-
СОШ №9	856	-
ООШ № 10	118	-
СОШ №11	856	-
«Коррекционная школа-интернат № 12»	111	-
СОШ № 14	483	-
Открытая (сменная) общеобразовательная школа №1	170	-
Итого	7480	2 СОШ/802 реб./10,7 % от всех дет.
Примечание*: санитарно-защитная зона ОАО «Искитимцемент		

Таким образом, в условиях Сибири (территории с устойчивым снеговым покровом) снежный покров является индикатором загрязнений атмосферного воздуха, создавая уникальные возможности эффективного непрерывного мониторинга и контроля за уровнями загрязнения атмосферного воздуха и фактическими рисками здоровью населения, за выбросами промышленных предприятий, а также обоснования экологической обусловленности патологии населения, обусловленной воздействием антропогенного загрязнения атмосферного воздуха. Следовательно, данные математические модели, построенные для всех выбросов, могут быть использованы в качестве дополнительных информационных ресурсов при мониторинге загрязнения атмосферного воздуха и детальной гигиенической диагностики локальных

территорий по уровню экологической безопасности территории, а также в индикации факторов риска, определяющих меру экологической опасности (или безопасности).

## **5.2. Характеристика заболеваемости населения г. Искитима, обусловленная выбросами в атмосферный воздух ОАО «Искитимцемент»**

Учитывая, что сравнительная оценка показателей заболеваемости населения проводилась по двум территориям – г. Искитим (условно грязная территория - территория, на которой расположены промышленные предприятия, источники пыли цемента, в т.ч.  $PM_{2,5}$  и  $PM_{10,0}$ ) - территория «наблюдения» и г. Бердск (условно чистая территория - территория, на которой отсутствуют источники загрязнения атмосферного воздуха пылью, в т.ч. частицами  $PM_{2,5}$  и  $PM_{10,0}$ ) – «контрольная» территория (глава 3), в ходе анализа были подтверждены риски более высоких уровней заболеваемости населения на территории наблюдения по классам болезней, этиологически связанным с загрязнениями атмосферного воздуха от выбросов ОАО «Искитимцемент», это риски, обусловленные индексами опасности по патологиям риска, превышавшим 1,0 (рис.27, 28; табл.33, 34).

Так, на территории «наблюдения» в сравнении с «контрольной» территорией отмечались существенно более высокие показатели общей заболеваемости населения по обращаемости за медицинской помощью ( $p \leq 0,05$ ) во всех оцененных возрастных группах по трем классам болезней:

- болезни кроветворных органов;
- болезни эндокринной системы;
- болезни системы кровообращения.

В возрастных группах «15-17 лет» и «18 лет и старше» - еще по двум классам болезней:

- новообразования;
- болезни органов дыхания.

Таблица 33 – Классы болезней, по которым на территории «наблюдения» отмечались статистически значимо ( $p \leq 0,05$ ) более высокие уровни среднемноголетней заболеваемости (на 100 тыс.) в сравнении с «контрольной» территорией

Возрастные группы		
0-14 лет	15-17 лет	18 лет и старше
Болезни кровеносных органов		
Болезни эндокринной системы		
Болезни системы кровообращения		
Новообразования		
Болезни органов дыхания		

Удельный вес дополнительной заболеваемости населения на территории «наблюдения» по патологиям риска, обусловленным воздействием выбросов ОАО «Искитимцемент» составил по болезням эндокринной системы – 54,7%; по болезням кровообращения – 21,2%; кровеносных органов - 13,2% (рис.27).

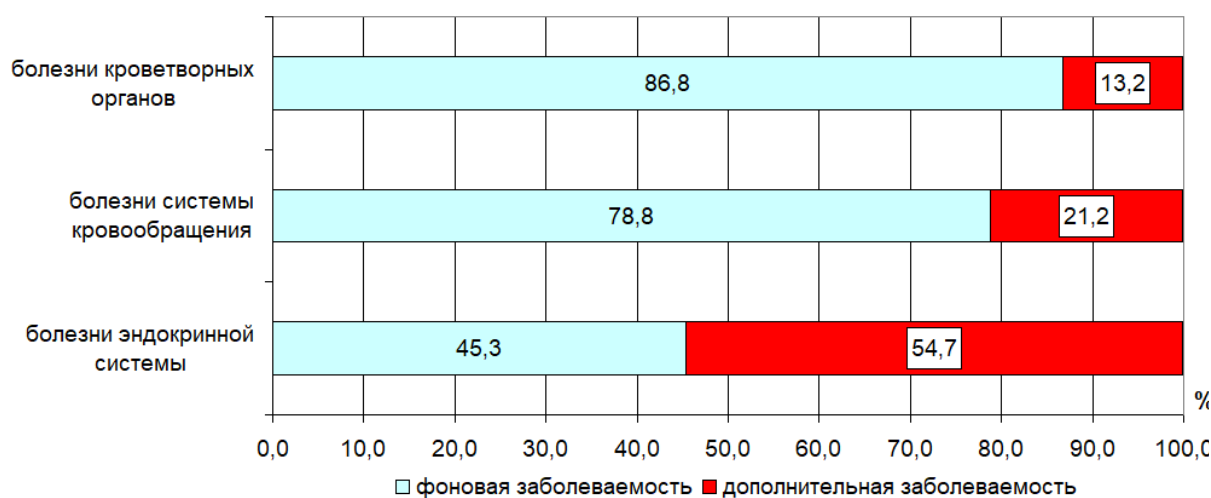


Рисунок 27 – Удельный вес фоновой и дополнительной заболеваемости населения на территории «наблюдения» по патологиям риска, обусловленным воздействием выбросов ОАО «Искитимцемент» (в%)

Удельный вес дополнительной заболеваемости населения на территории «наблюдения» по болезням органов дыхания увеличивался при переходе от одной возрастной группы к другой и составлял соответственно в группе «0-14 лет» - 8,0%, в группе «15-17 лет» - 12,5%, в группе «18 лет и старше» - 16,9% (рис.28).

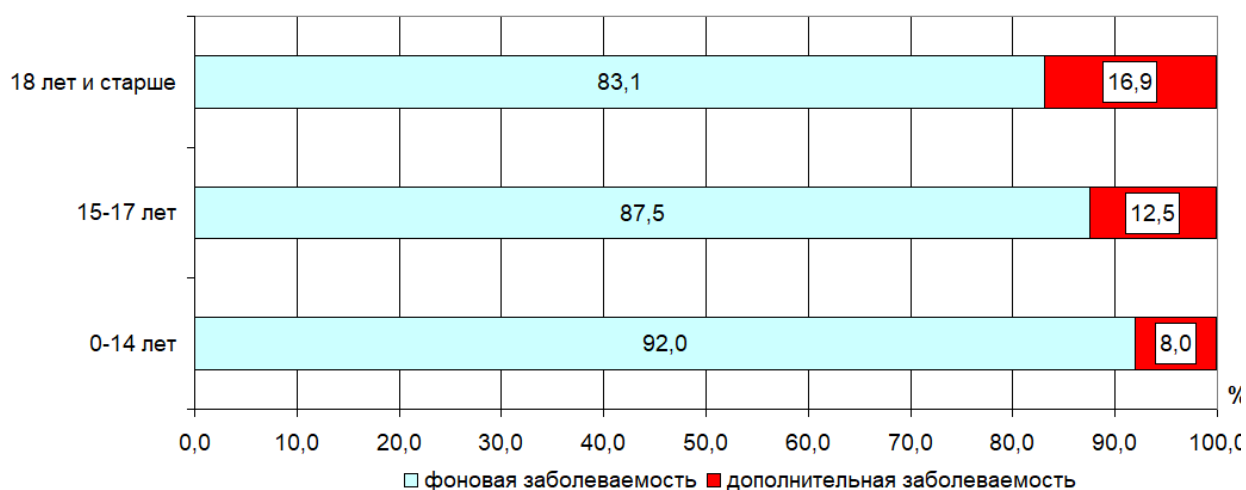


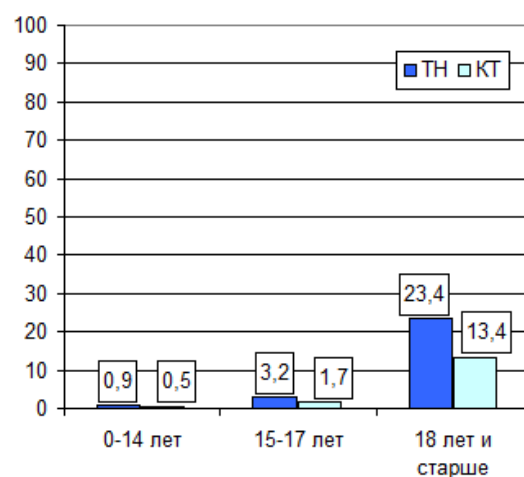
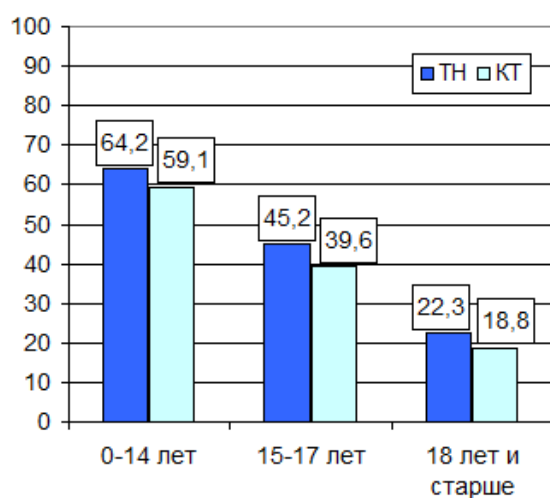
Рисунок 28 – Удельный вес фоновой и дополнительной заболеваемости населения болезнями органов дыхания на территории «наблюдения», как одной из патологий обусловленных воздействием выбросов ОАО «Искитимцемент» (в%)

По классу болезней органов дыхания, как основной патологии риска здоровью населения, обусловленной исходным выбором территории «наблюдения» (с размещением производственных объектов источников загрязнения атмосферного воздуха пылью и частицами РМ 2,5, РМ 10,0) и «контрольной» территории (не имеющей неподвижных (стационарных) источников загрязнения атмосферного воздуха пылью и частицами РМ 2,5, РМ 10,0) были выявлены отдельные заболевания, по которым регистрировались более высокие уровни среднесноголетней заболеваемости (на 100 тыс.) в сравнении с «контрольной» территорией ( $p \leq 0,05$ ): по всем изученным возрастным группам: по заболеваниям нижних дыхательных путей; по астме и астматическому статусу; по возрастной группе «0-14 лет» - аллергический ринит (поллиноз); по возрастным группам «15-17 лет» и «18 лет и старше» - хронические болезни миндалин; по возрастной группе «18 лет и старше» - по заболеваниям верхних дыхательных путей (табл. 34, рис.29, 30).



Таблица 34 – Отдельные болезни органов дыхания, по которым на территории «наблюдения» отмечались статистически значимо ( $p \leq 0,05$ ) более высокие уровни среднесуточной заболеваемости (на 100 тыс.) в сравнении с «контрольной» территорией

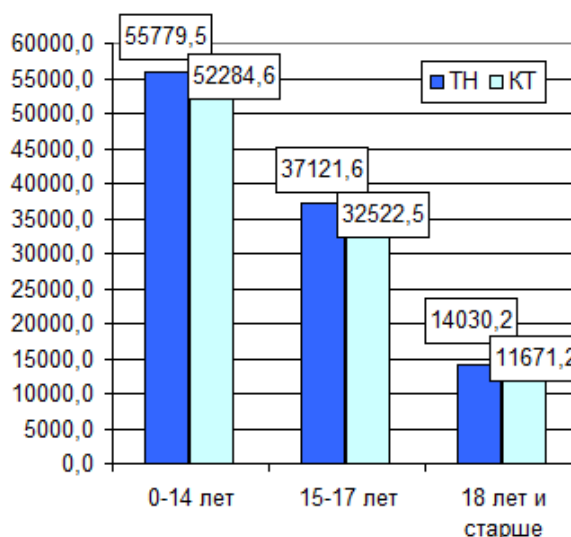
Возрастные группы		
0-14 лет	15-17 лет	18 лет и старше
Заболевания нижних дыхательных путей		
Астма и астматический статус		
Аллергический ринит (поллиноз)	Хронические болезни миндалин	
		Заболевания верхних дыхательных путей



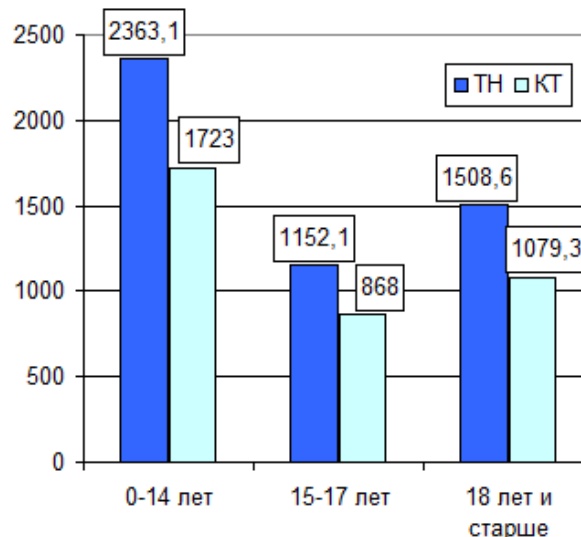
а) болезни органов дыхания

б) болезни органов кровообращения

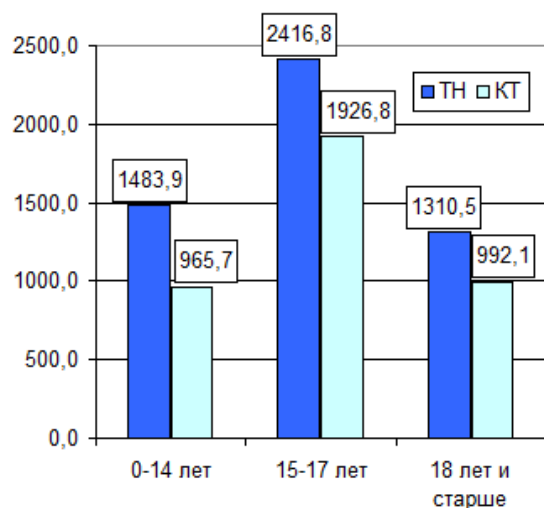
Рисунок 29 - Удельный вес болезней органов дыхания и заболеваний системы кровообращения в структуре общей заболеваемости населения по обращаемости за медицинской помощью (в%) в 2010-2019 гг.



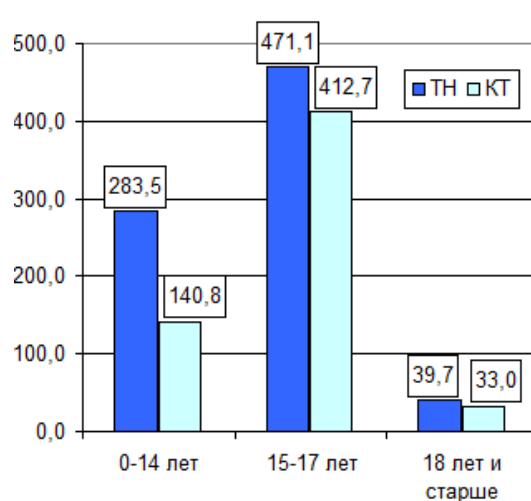
а) болезни верхних дыхательных путей



б) болезни нижних дыхательных путей



в) бронхиальная астма и астматический статус



г) аллергический ринит (поллиноз)

Рисунок 30 – Сравнительная характеристика среднемноголетних показателей по отдельным заболеваниям органов дыхания за 2010-2019 гг. (на 100 тыс. нас.)

Удельный вес дополнительной заболеваемости населения на территории «наблюдения» по отдельным заболеваниям болезней органов дыхания, обусловленным воздействием выбросов ОАО «Искитимцемент» составлял:

- 1) по заболеваниям верхних дыхательных путей 6,3%-16,8%;
- 2) по заболеваниям нижних дыхательных путей 27,1%-28,5%;
- 3) по хроническим болезням миндалин 8,0%-21,0%;

- 4) по бронхиальной астме и астматическому статусу 20,3%- 34,9%;  
 5) по аллергическому риниту 12,4%-50,3%;  
 6) по хроническому бронхиту 8,0%-16,8% (рис.31).

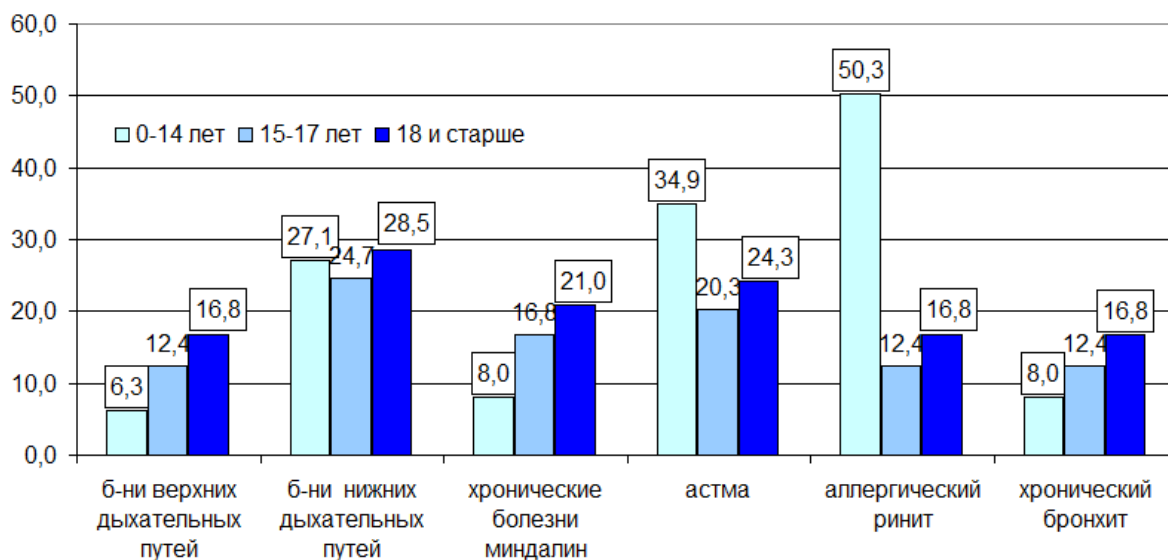


Рисунок 31 – Удельный вес дополнительной заболеваемости населения по отдельным болезням органов дыхания на территории «наблюдения», обусловленных воздействием выбросов ОАО «Искитимцемент» (в%)

Зная удельный вес дополнительной заболеваемости в структуре общей заболеваемости населения по обращаемости для территории наблюдения (г. Искитим), было определено среднегодовое количество дополнительных к фоновому значению числа случаев заболеваний, регистрируемых ежегодно по трем возрастным группам, в том числе: 1) по болезням эндокринной системы – в группе «0-14 лет» - 203 чел. (1,7% от всей численности детей), в группе «15-17 лет» - 88 чел. (4,4%), в группе «18 лет и старше» - 3 548 чел. (8,5%); 2) по болезням системы кровообращения – в группе «0-14 лет» - 26 чел. (0,2%), в группе «15-17 лет» - 16 чел. (0,8%), в группе «18 лет и старше» - 3 748 чел. (1,3%); 3) по болезням кроветворных органов – в группе «0-14 лет» - 17 чел. (0,2%), в группе «15-17 лет» - 3 чел. (0,17%), в группе «18 лет и старше» - 526 чел. (1,3%); 4) по болезням органов дыхания – в группе «0-14 лет» - 1239 чел. (10,0%), в группе «15-17 лет» - 215 чел. (8,8%), в группе «18 лет и старше» - 2901 чел. (7,0%) – табл.35. По отдельным заболеваниям органов дыхания число дополнительных случаев, послуживших

основанием обращения за медицинской помощью (по среднемноголетним данным), составило: 1) по острым заболеваниям верхних дыхательных путей в группе «0-14 лет» - 842 чел. (6,8%), в группе «15-17 лет» - 215 чел. (10,7%), в группе «18 лет и старше» - 1790 чел. (4,3%); 2) по острым заболеваниям нижних дыхательных путей - в группе «0-14 лет» - 154 чел. (1,2%), в группе «15-17 лет» - 11 чел. (0,5%), в группе «18 лет и старше» - 326 чел. (0,8%); 3) по хроническим болезням миндалин - в группе «0-14 лет» - 41 чел. (0,3%), в группе «15-17 лет» - 11 чел. (0,6%), в группе «18 лет и старше» - 141 чел. (0,4%); 4) по астме и астматическому статусу - в группе «0-14 лет» - 125 чел. (1,0%), в группе «15-17 лет» - 19 чел. (0,9%), в группе «18 лет и старше» - 242 чел. (0,6%); 5) по аллергическому статусу - в группе «0-14 лет» - 34 чел. (0,3%), в группе «15-17 лет» - 84 чел., в группе «18 лет и старше» - 2 чел. (0,15); 6) по хроническому бронхиту - в группе «0-14 лет» - 1 чел. (0,01%), в группе «15-17 лет» - 1 чел. (0,3%), в группе «18 лет и старше» - 133 чел. (0,4%) - табл.35.

Таблица 35 – Среднемноголетние показатели числа случаев заболеваний жителей территории наблюдения, обусловленной загрязнением атмосферного воздуха выбросами ОАО «Искитимцемент» (дополнительная к фоновой заболеваемость)

Показатели	Всего дополнительных случаев			Удельный вес дополнительных случаев от числа жителей		
	0-14 лет	15-17 лет	18 лет и старше	0-14 лет	15-17 лет	18 лет и старше
Болезни эндокринной системы	203	88	3548	1,640	4,407	8,518
Болезни системы кровообращения	26	16	3748	0,212	0,785	8,998
Болезни кроветворных органов	17	3	526	0,140	0,167	1,262
Болезни органов дыхания	1239	215	2901	10,003	10,744	6,965
Болезни верхних дыхательных путей	842	176	1790	6,801	8,777	4,297
Болезни нижних дыхательных путей	154	11	326	1,248	0,542	0,782
Хронические болезни миндалин	41	11	141	0,335	0,565	0,339
Астма и астматический статус	125	19	242	1,008	0,935	0,580
Аллергический ринит	34	2	5	0,278	0,111	0,012
Хронический бронхит	1	1	133	0,008	0,026	0,319
ИТОГО	1485	322	10722	12,00	16,10	25,74

## Продолжение таблицы 35

Показатели	Структура дополнительных случаев		
	0-14 лет	15-17 лет	18 лет и старше
Болезни эндокринной системы	13,7	27,4	33,1
Болезни системы кровообращения	1,8	4,9	35,0
Болезни кроветворных органов	1,2	1,0	4,9
Болезни органов дыхания	83,4	66,7	27,1
Болезни верхних дыхательных путей	56,7	54,5	16,7
Болезни нижних дыхательных путей	10,4	3,4	3,0
Хронические болезни миндалин	2,8	3,5	1,3
Астма и астматический статус	8,4	5,8	2,3
Аллергический ринит	2,3	0,7	0,0
Хронический бронхит	0,1	0,2	1,2
ИТОГО	100,0	100,0	100,0

В структуре дополнительных случаев заболеваний, регистрируемых у населения территории наблюдения по возрастным группам «0-14 лет» и «15-17 лет» первое ранговое место занимали болезни органов дыхания; второе – болезни эндокринной системы; третье – болезни системы кровообращения; четвертое – болезни кроветворных органов. По возрастной группе «18 лет и старше» первое ранговое место занимали болезни системы кровообращения, второе – болезни эндокринной системы; третье – болезни органов дыхания; четвертое – болезни кроветворных органов (табл. 36, рис. 32).

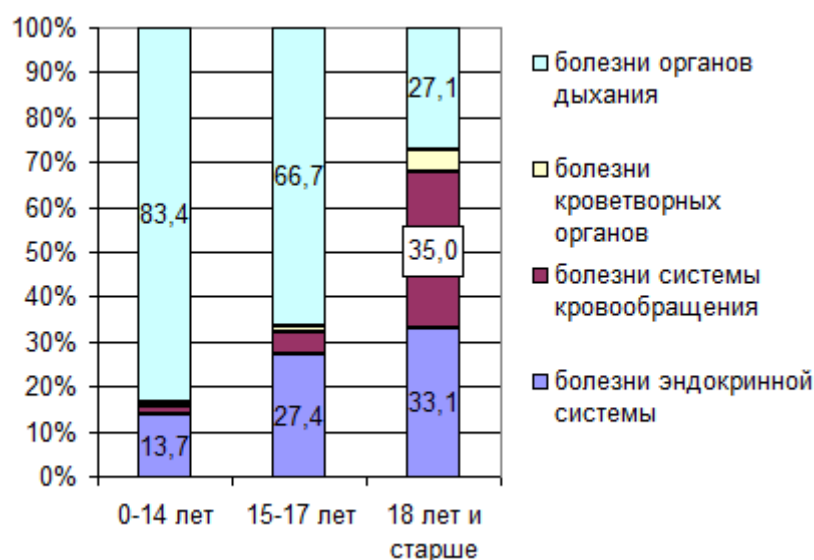


Рисунок 32 - Структуры случаев дополнительной заболеваемости населения территории наблюдения, обусловленной выбросами ОАО «Искитимцемент»

Таблица 36 - Результаты ранжирования структуры случаев дополнительной заболеваемости населения территории наблюдения, обусловленной выбросами ОАО «Искитимцемент»

Ранговые места	0-14 лет	15-17 лет	18 лет и старше
первое	болезни органов дыхания		болезни системы кровообращения
второе	болезни эндокринной системы		
третье	болезни системы кровообращения		болезни органов дыхания
четвертое	болезни кроветворных органов		

Следовательно, стоимость производимого цемента ОАО «Искитимцемент», в сложившихся условиях при фактической мощности предприятия и при заданных параметрах эффективности работы очистных сооружений, существенно увеличивается за счет стоимости затрат на оказание медицинской помощи населению и иным сопутствующим затратам, обусловленным с формированием, так называемой экологически обусловленной (добавленной) заболеваемости.

Вероятность обращения населения территории наблюдения за медицинской помощью по прогнозу заболеваний (табл. 37), обусловленных выбросами ОАО «Искитимцемент» ежегодно составляет:

- 1) по группе дети «0-14 лет» -  $1,2 \cdot 10^{-1}$ ;
- 2) по группе подростки «15-17 лет» -  $1,6 \cdot 10^{-1}$ ;
- 3) по группе взрослые «60 лет и старше» -  $2,6 \cdot 10^{-1}$ .

Таблица 37 - Вероятность обращений населения территории наблюдения за медицинской помощью по прогнозу заболеваний в течение года, обусловленных выбросами ОАО «Искитимцемент» (популяционные риски)

Показатели	0-14 лет	15-17 лет	18 лет и старше
Болезни эндокринной системы	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$4,4 \cdot 10^{-2}$	$8,1 \cdot 10^{-2}$
Болезни системы кровообращения	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$7,9 \cdot 10^{-3}$	$9,0 \cdot 10^{-2}$
Болезни кроветворных органов	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$
Болезни органов дыхания	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$7,0 \cdot 10^{-2}$

Продолжение таблицы 37

Показатели	0-14 лет	15-17 лет	18 лет и старше
Болезни верхних дыхательных путей	$6,8 \cdot 10^{-2}$	$8,8 \cdot 10^{-2}$	$4,3 \cdot 10^{-2}$
Болезни нижних дыхательных путей	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$5,4 \cdot 10^{-3}$	$7,84 \cdot 10^{-3}$
Хронические болезни миндалин	$3,4 \cdot 10^{-3}$	$5,7 \cdot 10^{-3}$	$3,4 \cdot 10^{-3}$
Астма и астматический статус	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$9,4 \cdot 10^{-3}$	$5,8 \cdot 10^{-3}$
Аллергический ринит	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$
Хронический бронхит	$8,0 \cdot 10^{-5}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$3,2 \cdot 10^{-3}$
ИТОГО	$1,2 \cdot 10^{-1}$	$1,6 \cdot 10^{-1}$	$2,6 \cdot 10^{-1}$

### **5.3. Инновационная модель профилактики нарушений здоровья населения, обусловленная загрязнением атмосферного воздуха от выбросов неподвижных (стационарных) источников (промышленных предприятий)**

Учитывая, что под экологически обусловленными заболеваниями подразумевается заболеваемость, возникшая под воздействием физических или химических факторов, связанных с функционированием техногенных объектов, возникает правовая и методическая проблема обоснованности установления данной группы заболеваний, предусматривающая обязательность наличия в анамнезе заболевшего, подтверждающих аргументов в пользу этиологической обусловленности заболевания загрязнениями окружающей среды.

С целью повышения качества жизни и трудового долголетия, а также снижения рисков здоровью населения, проживающего на территориях, имеющих неподвижные (стационарные) источники загрязнений атмосферного воздуха рекомендуется реализация комплексной системы мер профилактики, в соответствии с разработанной и апробированной в ходе работы инновационной модели мониторинга и профилактики нарушений здоровья населения (рис.33), включающей мероприятия, направленные на:

1) снижение объемов выбросов вредных веществ в атмосферный воздух (водоисточники);

2) мониторинг загрязнения окружающей среды с детализацией источников загрязнения (валовые выбросы и сбросы), результаты натурных исследований загрязнения основных средовых факторов (воздух, вода), а также природных ландшафтов (снеговой покров, растительный покров, почва) при наличии соответствующих ландшафту малопараметрических моделей переноса примеси (учитывающих особенности территории, локальные климатические условия, размещение жилой застройки, тип застройки, высота зданий, размещение автомагистралей, рельеф местности) с основного средового фактора на природный ландшафт с обратным пересчетом примесей в основном средовом факторе; расчётные данные и данные оценки рисков здоровью;

3) проведение экспериментальных исследований, направленных на изучение показателей токсикометрии веществ и соединений, выбрасываемых в атмосферный воздух и сбрасываемых в водоемы, по которым не разработаны в настоящее время значения ПДК и ОБУВ и включение полученных результатов в расчеты рисков здоровью населения;

4) повышение качества оказываемой медицинской помощи в части должной диагностики патологических и предпатологических состояний, обусловленных особенностями экологической обстановки;

5) формирование системы экспертизы выявленных у населения, проживающего на территориях неблагоприятного воздействия неподвижных (стационарных) источников, загрязняющих атмосферный воздух и (или) водоемы (имеющие питьевое и рекреационное значение) патологических и предпатологических состояний, обусловленных особенностями экологической обстановки в части их связи с фактором риска здоровью;

б) реализацию мероприятий по социальной защите населения, проживающего на территориях неблагоприятного воздействия неподвижных (стационарных) источников, загрязняющих атмосферный воздух и (или) водоемы (имеющие питьевое и рекреационное значение) – санаторно-курортное лечение, назначение



курсов медицинских профилактических процедур, лечебно-профилактическое питание;

7) повышение гигиенической грамотности населения в вопросах профилактики патологических состояний, обусловленных особенностями экологической обстановки;

8) ведение единого регионального реестра больных с заболеваниями, признанными экологически обусловленными.

9) разработку и принятие действенных управленческих решений, направленных на снижение рисков здоровью населения и возмещение ущерба здоровью.

Соответственно, необходимо определить перечень соматических заболеваний, которые могут быть признаны при экспертизе экологически обусловленными, а также критерии признания территории экологически неблагополучной.

При экспертизе экологической обусловленности заболеваний, связанных с загрязнением атмосферного воздуха в качестве аргументов, может выступать следующая информация:

1) информация о валовых выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух, данные о предельно допустимых выбросах (не менее, чем за 5 лет);

2) результаты оценки риска с указанием индексов опасности по ключевым органам-мишеням;

3) результаты лабораторно-инструментальных исследований загрязнений приземных слоев атмосферы (не менее чем за 5 лет);

4) результаты лабораторных исследований снегового покрова и малопараметрические модели реконструкции процессов распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, необходимые для корректной интерпретации данных.

5) информация, подтверждающая проживание заболевшего на экологически неблагополучной территории.



Рисунок 33 - Инновационная модель мониторинга и профилактики нарушений здоровья населения, обусловленных загрязнением атмосферного воздуха от выбросов неподвижных (стационарных) источников загрязнения атмосферного воздуха

Оценку эффективности реализации комплексной системы мер профилактики нарушений здоровья населения, проживающего на территориях, имеющих неподвижные (стационарные) источники загрязнений атмосферного воздуха, рекомендуется проводить на региональном, муниципальном уровнях, а также в организациях, являющихся источниками загрязнения атмосферного воздуха, определяющих потенциальные риски для здоровья населения.

В соответствии с разработанной в ходе исследования инновационной моделью профилактики нарушений здоровья населения, обусловленных загрязнением атмосферного воздуха от выбросов неподвижных (стационарных) источников загрязнения атмосферного воздуха (рис.36) следует отметить, что детальная схема мониторинга загрязняющих веществ применяется лишь в отношении предприятий, признанных потенциальными предприятиями риска. Система мониторинга может осуществляться территориальными органами Роспотребнадзора в рамках действующей системы социально-гигиенического мониторинга. При реализации детальной схемы мониторинга загрязняющих веществ, на этапе идентификации опасности рекомендуется оценивать наличие необходимой для расчётов информации по веществам, выбрасываемым в атмосферу (ПДК, референтные концентрации, ОБУВ). В случае отсутствия информации рекомендуется провести экспериментальную оценку токсикометрических свойств загрязняющего атмосферный воздух вещества. И лишь потом завершать этап идентификации опасности. Наряду с расчётным методом, рекомендуется не реже 1 раза в год проводить исследования снежного покрова в реперных точках и единичные замеры содержания вредных веществ в атмосферном воздухе для уточнения малопараметрических моделей описания процессов распространения примесей для корректной интерпретации полученных результатов.

В случае получения на втором этапе реализации инновационной модели профилактики информации о наличии канцерогенного и (или) неканцерогенного риска для здоровья населения, в реализуемую систему мониторинга, включается третий этап - «мониторинг заболеваемости населения». На данном этапе проводится сбор и оценка заболеваемости населения (не менее чем за 5 лет)

территории риска по патологиям риска, установленным в ходе реализации мероприятий второго этапа инновационной модели. Для определения значений индивидуального и группового риска рекомендуется сравнить полученные результаты с показателями заболеваемости соседних территорий, отличающихся от территории риска фактическим отсутствием фактора риска. Далее, рассчитать фоновые уровни заболеваемости и определить значения показателей добавочной заболеваемости. Следующий этап – расчёт числа дополнительных случаев заболеваний по патологиям риска, обусловленных загрязнением атмосферного воздуха и определение индивидуальных и групповых рисков.

Далее по результатам реализации второго и третьего этапов инновационной модели территориальным органом Роспотребнадзора принимается решение о признании отдельных территорий населенного пункта территориями экологического неблагополучия. Положительное решение принимается при наличии:

- 1) рисков здоровью (по результатам оценки рисков) - для канцерогенных рисков данного этапа достаточно для признания территории неблагополучной; для неканцерогенного риска необходимы дополнительные аргументы (2-3);
- 2) подтверждения расчётных данных результатами натурных исследований;
- 3) установления фактов существенного превышения показателей заболеваемости на территории риска в сравнении с показателями фоновой заболеваемости и уровне не ниже  $1 \cdot 10^{-2}$ .

В случае признания территории экологически неблагополучной – информация о рисках и прогнозных показателях дополнительной заболеваемости, контингентах риска, территории риска и патологиях риска передается в органы исполнительной власти с экспертной оценкой потенциального ущерба от предприятий, загрязняющих атмосферный воздух и предлагаемыми мерами профилактики (первичной, вторичной и третичной). Также информируются:

- 1) органы здравоохранения для обеспечения должной настороженности медицинского персонала при проведении диспансерного наблюдения и

профилактических медицинских осмотров с целью своевременной индикации патологий риска у населения, проживающего на территориях, признанных локально экологически неблагополучными;

2) органы местного самоуправления для разработки профилактических мероприятий по социальной защите заболевших и организации санаторно-курортного лечения, принятия административных мер в отношении объектов, загрязняющих атмосферный воздух и определяющих риски для здоровья населения, для предъявления исков в защиту прав пострадавших;

3) объекты – источники загрязнения атмосферного воздуха.

Следующий этап – этап ведения территориальными органами Роспотребнадзора региональных регистров:

1) «учета объектов – источников риска здоровью населения и загрязнения атмосферного воздуха»;

2) «учета территорий риска и населения, проживающего на них»;

3) «учета заболевших, которым в ходе экспертизы поставлен диагноз экологически обусловленного заболевания».

Рекомендуется проводить экспертизу связи заболевания с загрязнением атмосферного воздуха на базе региональных центров профпатологии. На этапе экспертизы необходимо исключить этиологическую роль иных факторов риска здоровью (факторы образа жизни).

Такой комплексный подход позволит решить проблемные вопросы профилактики заболеваний, обусловленных воздействием неблагоприятных факторов среды обитания.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения диссертационной работы были изучены особенности климатогеографических факторов г. Искитим Новосибирской области, определяющих закономерности распределения выбросов цементного завода на селитебной территории, прилегающей к границе санитарно-защитной зоны. Сравнительная оценка показателей заболеваемости населения территории наблюдения (г. Искитим - условно грязная территория) и контрольной территории (г. Бердск - условно чистая территория) выявила классы заболеваний, по которым на территории «наблюдения» регистрировались более высокие уровни заболеваемости ( $p \leq 0,05$ ), в том числе по возрастным группам:

- «0-14 лет» - болезни кроветворных органов, эндокринной системы и системы кровообращения, заболевания нижних дыхательных путей, астма и астматический статус, аллергический ринит;

- «15-17 лет» - болезни кроветворных органов, эндокринной системы и системы кровообращения, новообразования, болезни органов дыхания, заболевания нижних дыхательных путей, хронические болезни миндалин, астма и астматический статус;

- «18 лет и старше» - болезни кроветворных органов, эндокринной системы и системы кровообращения, новообразования, болезни органов дыхания, заболевания верхних и нижних дыхательных путей, хронические болезни миндалин, астма и астматический статус.

Гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха г. Искитим от выбросов ОАО «Искитимцемент» была проведена с использованием классических методов оценки риска, что позволило выявить органы-мишени неканцерогенного риска (органы дыхания, кроветворной системы, печень, иммунная, нервная и эндокринная система, система кровоснабжения). В ходе экспериментального этапа работы была дополнена информация о рисках результатами изучения токсикометрических свойств цементной пыли, что позволило рассчитать значения ОБУВ цементной пыли, определить ее класс опасности. Данные расчёты были

проведены с учетом фактического состава цементной пыли АО «Искитимцемент», состоящей из окиси кальция ( $\text{CaO}$ , 62-67%), кварцевого стекла ( $\text{SiO}_2$ , 17-25%), триоксида алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 3-8%), оксида железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0-5%), оксида магния ( $\text{MgO}$ , 1-2%), шестивалентного хрома ( $\text{Cr}^{6+}$ , 1-2%), никеля (0,5-2%); размеры частиц 2,5-10 мкм. Экспериментально установленное значение ПДК<sub>мр</sub> составило 0,14 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>сс</sub> - 0,087 мг/м<sup>3</sup>. Для достижения большей точности информации о загрязнении атмосферного воздуха и уточнения плотности выпадений полидисперсной примеси, была проведена оценка загрязнения снегового покрова с последующей экстраполяцией результатов на загрязнение атмосферного воздуха с использованием малопараметрической математической модели переноса, представляющей собой специально разработанное полуэмпирическое уравнение турбулентной диффузии и свойств статистических характеристик распределения скорости ветра и вертикального турбулентного обмена в приземном слое атмосферы с помощью специально разработанной аналитической матрицы была оценена за зимний период года [63-65]. Полученные закономерности позволили определить величину суммарного выпадения неорганической пыли за зимний период от выбросов в атмосферу на разном расстоянии от цементного производства, а также смоделировать восстановленные поля плотности выпадений неорганической пыли (г/м<sup>2</sup>) в окрестностях Искитимского цементного завода, а также определить количество населения, проживающего в зоне риска. Установлено, что на данной территории проживает 6888 человек, из них 1 483 ребенка, в том числе, посещают 3 дошкольных организации (расположенные в 1,5 км зоне от границе санитарно-защитной зоны) 353 ребёнка и 2 общеобразовательные организации – 802 ребенка.

Оценка удельного веса дополнительной заболеваемости населения на территории «наблюдения» (изучаемой, условно грязной территории) позволила рассчитать среднегодовое количество дополнительных к фоновому значению число случаев обращений за медицинской помощью в связи с заболеваниями по трем возрастным группам «0-14 лет», «15-17 лет» и «18 лет и старше». В структуре дополнительных случаев заболеваний, по возрастным группам «0-14 лет» и «15-17

лет» первое ранговое место занимали болезни органов дыхания; второе – болезни эндокринной системы; третье – болезни системы кровообращения. По возрастной группе «18 лет и старше» первое ранговое место занимали болезни системы кровообращения, второе – болезни эндокринной системы; третье - болезни органов дыхания. Было установлено, что вероятность обращения населения за медицинской помощью по прогнозу заболеваний, обусловленных выбросами ОАО «Искитимцемент» ежегодно составляет по группе дети «0-14 лет» -  $1,2 \cdot 10^{-1}$ ; по группе подростки «15-17 лет» -  $1,6 \cdot 10^{-1}$ ; по группе взрослые «60 лет и старше» -  $2,6 \cdot 10^{-1}$ . Таким образом, стандартная оценка риска была продолжена в методологическом плане расчётами популяционного (группового) риска, что имеет большое значение для назначения профилактических мероприятий и повышения их эффективности, назначении дополнительных мер социальной защиты от экологических рисков. Полученные результаты были заложены в основу инновационной модели мониторинга и профилактики нарушений здоровья населения, обусловленных загрязнением атмосферного воздуха, которая может быть в перспективе реализована в рамках задач НП «Экология».

В результате работы была разработана инновационная модель мониторинга и профилактики нарушений здоровья населения, обусловленных загрязнением атмосферного воздуха от выбросов неподвижных (стационарных) источников загрязнения атмосферного воздуха, определяющая алгоритмы действий и принятия управленческих решений, направленных на снижение рисков здоровью и социальную защиту населения, проживающего на территории риска.



## ВЫВОДЫ

1. Среднегодовые показатели, характеризующие климат на изучаемой территории за 10 летний период, определили особенности пространственного распределения выбросов загрязняющих веществ от изучаемого стационарного источника и характеризовались стабильным преобладанием ветров южного и юго-западного направлений во все периоды года, кроме летнего (зима - 66,0% всех ветров; весна – 47,6%, осень – 51,2%); значительным ежегодным количеством осадков (более 500 мм в год), среднегодовой продолжительностью снегового покрова (более 150 дней), значительной высотой снегового покрова (более 35 см), что определило возможность использования снежного покрова в качестве дополнительного источника информации о загрязнении атмосферного воздуха.

2. Риски здоровью населения г. Искитим Новосибирской области, обусловленные выбросами в атмосферный воздух от стационарных источников загрязнения, были обусловлены превышениями среднесуточных ПДК по взвешенным веществам (1,2-1,4 ПДК), диоксиду азота (1,1-1,6 ПДК) и оксиду углерода (1,2 ПДК). В периоды неблагоприятных метеорологических условий значения максимально разовых ПДК по взвешенным веществам, диоксиду азота и саже превышались в 4,5-4,9 раза. Вклад ОАО «Искитимцемент» в суммарные валовые выбросы в атмосферный воздух г. Искитим составлял 14,2-47,2%.

3. Токсикологические исследования цементной пыли ОАО «Искитимцемент» с учетом химического состава и размеров частиц, проведенные экспериментально, позволили установить, что пыль соответствует 3 классу опасности химических соединений, в т.ч. ОБУВ для ингаляционного пути поступления составлял 0,41 мг/м<sup>3</sup> и перорального - 0,12 мг/л. Расчётно установленное значение ПДК мр для пыли цемента составило 0,14 мг/м<sup>3</sup>, ПДК сс - 0,087 мг/м<sup>3</sup>.

4. На условно «грязной» территории (г. Искитим), в сравнении с условно чистой территорией (г. Бердск) отмечались более высокие значения среднемноголетних показателей общей заболеваемости ( $p \leq 0,05$ ) у детей (0-14 лет) -

по болезням кроветворных органов, эндокринной системы и болезням кровообращения, острых заболеваний нижних дыхательных путей, астме и астматическом статусе, аллергическом рините; у подростков (15-17 лет) – новообразования, болезням кроветворных органов, эндокринной системы, кровообращения и дыхания (в т.ч. за счет острых заболеваний нижних дыхательных путей, хронических болезней миндалин, астмы и астматического статуса); среди населения старше 18 лет - новообразования, болезням кроветворных органов, эндокринной системы, кровообращения и дыхания (в т.ч. за счет острых заболеваний верхних и нижних дыхательных путей, хронических болезней миндалин, астмы и астматического статуса).

5. Структура дополнительных случаев заболеваний, регистрируемых на условно «грязной» территории по возрастным группам «0-14 лет» и «15-17 лет» была одинаковой, в том числе первое ранговое место занимали болезни органов дыхания; второе – болезни эндокринной системы; третье – болезни системы кровообращения. По возрастной группе «18 лет и старше» первое ранговое место занимали болезни системы кровообращения, второе – болезни эндокринной системы; третье - болезни органов дыхания.

6. В результате оценки загрязнения снегового покрова с использованием малопараметрической математической модели переноса были установлены пространственные значения полей плотности выпадений неорганической пыли (г/м<sup>2</sup>) в окрестностях Искитимского цементного завода, определить территории риска и контингенты риска - на данной территории проживает 6888 человек, из них 1 483 ребенка, в том числе, посещают 3 дошкольных организации (353 ребёнка) и 2 общеобразовательные организации (802 обучающихся).

7. Популяционный риск заболеваемости населения, обусловленный выбросами стационарного источника загрязнения атмосферного воздуха (ОАО «Искитимцемент»), для населения условно «грязной» территории, ежегодно составляет по группе дети «0-14 лет» -  $1,2 \cdot 10^{-1}$ ; по группе подростки «15-17 лет» -  $1,6 \cdot 10^{-1}$ ; по группе взрослые «60 лет и старше» -  $2,6 \cdot 10^{-1}$ .

8. Предложенная инновационная модель мониторинга и профилактики нарушений здоровья населения, обусловленных загрязнением атмосферного воздуха от выбросов неподвижных (стационарных) источников загрязнения атмосферного воздуха, позволит повысить эффективность мониторинга, определять контингенты риска, рассчитывать показатели группового риска, разрабатывать адекватные проблеме профилактические мероприятия и обеспечить социальную защиту населения группы риска.

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

По результатам проведенной работы предлагается:

1. На законодательном уровне определить порядок установления экологообусловленной заболеваемости, порядок экспертизы связи заболевания с загрязнением атмосферного воздуха территории проживания и социальной защиты населения, проживающего в зонах воздействия стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха.

2. Контрольно-надзорным органам для территорий с устойчивым снеговым покровом рекомендовать проведение лабораторных исследований снегового покрова с использованием малопараметрических моделей переноса для интерпретации результатов исследований на селитебных территориях, расположенных в зоне влияния стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха; при оценке риска неканцерогенных эффектов – проводить расчёты популяционного риска дополнительной к фоновому уровню заболеваемости населения.

3. Органам здравоохранения при проведении медицинских осмотров населения при диспансерном наблюдении, а также при обращаемости за медицинской помощью, учитывать наличие повышенных рисков экологически-обусловленной заболеваемости у контингентов риска.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авалиани, С. Л. О гармонизации подходов к управлению качеством атмосферного воздуха / С. Л. Авалиани, А. Л. Мишина // Здоровье населения и среда обитания. – 2011. – Т. 216. - № 3. – С. 44–48.
2. Аверьянов, В. Н. Гигиеническая оценка влияния окружающей среды на состояние здоровья населения крупного промышленного города в условиях страховой медицины / В. Н. Аверьянов, В. М. Боев, В. Н. Дунаев // Гигиена и санитария. – 2003. - № 2. – С. 11-15.
3. Айдинов, Г. Т. Многомерный анализ структуры и долевого вклада потенциальных факторов риска при злокачественных новообразованиях трахеи, бронхов и легкого / Г. Т. Айдинов, Б. И. Марченко, Ю. А. Синельникова // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 1. – С. 45–55.
4. Актуальные проблемы комплексной гигиенической характеристики факторов городской среды и их воздействия на здоровье населения / Ю. А. Рахманин, С. И. Иванов, С. М. Новиков [и др.] // Гигиена и санитария. – 2007. - № 5. – С. 5-8.
5. Анализ индивидуальных неканцерогенных рисков здоровью, связанных с загрязнением атмосферного воздуха города Красноярска / И. М. Попельницкая, В. С. Михайлова, Н.Г.Шилина, А.Р. Семенова [и др.] // Сибирское медицинское обозрение. - 2019. - №4 (118). – С. 41-46.
6. Аналитический обзор: Качество воздуха в крупнейших городах России за десять лет. – Санкт-Петербург: Астерион, 2009. 133 с.
7. Барикаева, Н.С. Совершенствование системы мониторинга загрязнения воздуха придорожных территорий городов мелкодисперсной пылью: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 05.23.19 / Барикаева Нелли Сергеевна; ФГБОУ ВО «Волгоградский гос. технический университет». – Волгоград, 2017. – 159 с.
8. Барскова, Л. С. Метод отбора и анализа проб атмосферного воздуха для определения фракционного состава твердых взвешенных частиц микроразмерного ряда / Л. С. Барскова, Т. И. Виткина, В. И. Янькова //

- Экологические проблемы современности: выявление и предупреждение неблагоприятного воздействия антропогенно детерминированных факторов и климатических изменений на окружающую среду и здоровье населения: материалы междунар. Форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды (Москва, 14-15 декабря 2017 г.). – Москва, 2017. – С. 43–44.
9. Безуглая, Э. Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах / Э. Ю. Безуглая. - Л.: Гидрометеиздат, 1986. 199 с.
  10. Безуглая Э. Ю., Смирнова И. В. Воздух городов и его изменения / Э. Ю. Безуглая, И. В. Смирнова. – Санкт-Петербург: Астерион, 2008. - 254 с.
  11. Берлянд, М. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы: монография / М. Е. Берлянд. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 448 с.
  12. Берлянд, М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы / М. Е. Берлянд. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. 272 с.
  13. Борисов, Н. А. Проблемы взаимодействия и координации работ по проведению социально-гигиенического мониторинга / Н. А. Борисов // Здравоохранение РФ. – 2004. - № 3. – С. 11-12.
  14. Бызова, Н. Л. Экспериментальные исследования атмосферной диффузии и расчеты рассеяния примеси / Н. Л. Бызова, Е. К. Гаргер, В. Н. Иванов. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. - 278 с.
  15. Величковский, Б. Т. Главнейшая задача экологии человека в России / Б. Т. Величковский // Гигиена и санитария. – 2003. - № 3. – С. 6-9.
  16. Величковский, Б. Т. О патогенетическом направлении изучения влияния факторов окружающей среды на здоровье населения // Здоровье населения и среда обитания. – 2002. - № 1. – С. 2-8.
  17. Влияние загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов твердыми частицами дисперсностью 10 и 2,5 микрон на показатели заболеваемости населения / И. А. Просвирякова, Т. Д. Гриценко, А. Н. Ганькин, А. В. Фираго // Современные вопросы радиационной и экологической медицины, лучевой

- диагностики и терапии : сб. материалов Респ. научно-практич. конф. с междунар. участием, Гродно, 24-25 сентября 2020 г. – Гродно, 2020. – С. 243-248.
18. Влияние твердых взвешенных частиц атмосферного воздуха населенных пунктов на здоровье человека / А.С. Холодов, К.Ю. Кириченко, К.С. Задорнов, К.С. Голохваст // Вестник Камчатского гос. технич. университета. - 2019. - № 49. – С. 81-88.
  19. Вредные вещества в окружающей среде: Справочное издание / под ред. В. А. Филова. – Санкт-Петербург: Профессионал, 2004. - 344 с.
  20. Гигиеническая оценка загрязнений атмосферного воздуха цементной пылью / Ю. В. Ерофеев, В. В. Турбинский, А. Ф. Щербатов, И. И. Новикова // Вопросы гигиены. - 2017. - № 4 (26) - С.189 – 192.
  21. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений» / утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ № 165 от 22.12.2017 (изменения 31.05.2018). Электронный ресурс. // URL: <http://docs.cntd.ru/document/556185926>.
  22. Гильденскиольд, Р. С. Основные пути перспективного развития профилактического направления в гигиене окружающей среды // Здравоохранение РФ. – 2001. - № 2. – С. 11-14.
  23. Гичев, Ю. П. Загрязнение окружающей среды и здоровье человека. (Печальный опыт России) / Ю. П. Гичев. – Новосибирск: СО РАМН, 2002. – 230 с.
  24. Голохваст, К. С. Атмосферные взвеси городов Дальнего Востока России / К. С. Голохваст. – Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2013. – 178 с.
  25. Голохваст, К. С. Профиль атмосферных взвесей в городах и его экологическое значение / К. С. Голохваст // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2013. – № 49. – С. 87–91.
  26. Гранулометрический и минералогический анализ взвешенных в

- атмосферном воздухе частиц / К. С. Голохваст, Н.К. Христофорова, П. Ф. Кику [и др.] // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2011. – Т. 40, № 2. – С. 94–100.
27. Грачёва, И. Г. Об интерполяции по территории города фоновых концентраций атмосферных примесей / И. Г. Грачёва, Р. И. Оникул, Е. А. Яковлева // Труды ГГО, 1998. - Вып. 549 - С. 98-107.
28. Давиденко, П. Е. Влияние ОАО «Верхнебаканский цементный завод» на окружающую среду и население поселка Верхнебаканский / П. Е. Давиденко, Е. А. Перебора // Вестник научно-технического творчества молодежи Кубанского ГАУ: сб. ст. по материалам науч.-исслед. работ. В 4 т. Т. 1. – Краснодар: КубГАУ, 2018. – С. 165-169.
29. Демиденко, Г. А. Оценка загрязнения снежного покрова в городе Красноярске / Г. А. Демиденко, Н. С. Напесочный // Вестник ОмГАУ. - 2016. - № 2 (22). - С. 115-120.
30. Диоген Лаэртский. О жизни, учениях и изречениях знаменитых философов / Диоген Лаэртский. - Москва: Мысль, 1986. – 570 с.
31. Директива № 2008/50/ЕС Европейского парламента и Совета о качестве атмосферного воздуха и мерах его очистки. Европейский союз [Электронный ресурс]. – Страсбург, 21 мая 2008. – URL: [https://www.conventions.ru/view\\_base.php?id=8680](https://www.conventions.ru/view_base.php?id=8680) (дата обращения 07.05.2021).
32. Зайцева, Н. В. Новые механизмы нормирования выбросов в атмосферу: концептуальный взгляд на перспективы и проблемы с позиций обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения / Н. В. Зайцева, И. В. Май // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 2. – С. 4–15. DOI: 10.21668/health.risk/2020.2.0
33. Зайцева, Н. В. Оптимизация программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха селитебных территорий в системе социально-гигиенического мониторинга на базе пространственного анализа и оценки риска для здоровья населения / Н. В. Зайцева, И. В. Май, С. В. Клейн //

- Пермский медицинский журнал. – 2010. – Т. 27, № 2. – С. 130–138.
34. Зубченко, М. П. Современные направления технических решений при проектировании пылеулавливающих систем цементного производства / М. П. Зубченко, Н. С. Филиппова // Экологические проблемы технологии цементного производства. – 1990. – Вып. 102. – С. 3-11.
35. Измерение массовой концентрации мелкодисперсных частиц PM<sub>2,5</sub> и PM<sub>10</sub> в атмосферном воздухе с использованием метода лазерной дифракции: Методические указания. – Москва: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2015. – 14 с.
36. Использование данных ИСЗ Landsat для определения концентрации загрязнителей в шлейфах от продувки газовых скважин на основании модели источника / Б. М. Балтер, Д. Б. Балтер, В. В. Егоров, М. В. Стальная // Исследование Земли из космоса. – 2014. – № 2. – С. 55–66.
37. Иэн Стюарт. Величайшие математические задачи / И. Стюарт. — Москва: Альпина нон-фикшн, 2016. - 460 с.
38. К вопросу о применении прогнозирования эволюции риска здоровью в гигиенических оценках / Н. В. Зайцева, П. З. Шур, И. В. Май Д. А. Кирьянов // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 1. – С. 106–112.
39. Качество воздуха. Определение гранулометрического состава частиц при санитарно-гигиеническом контроле [Текст]: – ГОСТ Р ИСО 7708–2006. – Москва: Стандартинформ, 2006. – 10 с. – (Национальный стандарт Российской Федерации). Электронный ресурс. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200046160>.
40. Корельский, Д. С. Экологический мониторинг и оценка состояния природно-территориальных комплексов, подвергающихся воздействию цементной промышленности / Д. С. Корельский, А. В. Стриженок, С. Н. Имашова // Московский экономический журнал. - 2018. - № 5 (1). – С. 116-123.
41. Корпоративные программы профилактики нарушения здоровья у работников вредных предприятий как инструмент управления



- профессиональным риском / О. Ю. Устинова, Н. В. Зайцева, Е.М. Власова, В. Г. Костарев // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 2. – С. 72–82. DOI: 10.21668/health.risk/2020.2.08
42. Крючкова, Е.Н. Влияние факторов цементного производства на резистентность организма работающих / Е.Н. Крючкова, Л.М. Сааркоппель // Медицина труда и экология человека. - 2017. - №2 (10). – С. 9-13.
43. Лопанов, А. Н. Оценка рисков здоровью населения от работы предприятий по производству цемента / А. Н. Лопанов, С. Е. Спесивцева // Инновационные пути решения актуальных проблем природопользования и защиты окружающей среды: сб. докл. междунар. науч.-техн. конф., Алушта, 4–8 июня, 2018 г. – Белгород, 2018. – С. 56-63.
44. Май, И. В. Опыт доказательства вреда здоровью населения при воздействии факторов среды обитания / И. В. Май, С. В. Клейн, Э. В. Седусова // Здоровье и окружающая среда. – 2015. – Т. 1, № 25. – С. 59-63
45. Май, И. В. Оценка потенциального загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными частицами в зоне расположения машиностроительного предприятия / И. В. Май, С. Ю. Загороднов, А. А. Макс // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2012. – № 2. – С 109–118.
46. Маклакова, О. А. Методические аспекты оценки риска развития коморбидной патологии в условиях воздействия химических факторов окружающей среды / О. А. Маклакова, Н. В.Зайцева, Д.А. Кирьянов // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 4. – С. 54–61. DOI: 10.21668/health.risk/2020.4.06
47. Маклакова, О. А. Оценка риска развития заболеваний органов дыхания и коморбидной патологии у детей в условиях загрязнения атмосферного воздуха химическими веществами техногенного происхождения (когортное исследование) / О. А. Маклакова // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 2. – С. 56–63.

48. Манжилевская, С. Е. Влияние мелкодисперсной пыли на окружающую среду при локальном строительстве / С. Е. Манжилевская // Строительство и реконструкция. -2020. - № 6. – С. 86-98. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2020-92-6-86-98>.
49. Материалы Федеральной службы государственной статистики - численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям за 2020 год. Таблица «21. Численность населения городов и ПГТ по федеральным округам и субъектам Российской Федерации» // <https://gorodarus.ru/iskitim.html>
50. Медико-биологическая оценка безопасности наноматериалов: Методические указания. – Москва: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. – 122 с.
51. Методические подходы к выбору точек и программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха в рамках социально-гигиенического мониторинга для задач федерального проекта «Чистый воздух» / Н. В. Зайцева, И. В. Май, С. В. Клейн, Д. В. Горяев // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 3. – С. 4–17. DOI: 10.21668/health.risk/2019.3.01
52. Методические подходы к оценке персонального профессионального риска здоровью, обусловленного болезнями, связанными с работой, на протяжении всего периода трудовой деятельности / П. З. Шур, Н. В. Зайцева, В.А. Фокин [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 1. – С. 82–89. DOI: 10.21668/health.risk/2021.1.08
53. Методические подходы к расчету вероятности негативных ответов для оценки индивидуальных рисков здоровью человека / Н. В. Зайцева, П. З. Шур, Д. А. Кирьянов [и др.] // Профилактическая и клиническая медицина. – 2015. – Т. 56, № 3. – С. 5–11.
54. Методологические подходы к экспериментальному исследованию воздействия микроразмерных взвесей атмосферного воздуха / Т. И. Виткина, К. С. Голохваст, Л. С. Барскова [и др.] // Бюллетень физиологии и

- патологии дыхания. – 2019. – № 73. – С. 80–86.
55. Методы анализа данных загрязнения снегового покрова в зонах влияния промышленных предприятий / Бортникова С. Б., Рапута В. Ф., Девятова А. Ю., Юдахин Ф. Н. // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2009, № 5. С. 447-457.
  56. Морозов, С. В. Оценка выпадений органических и неорганических примесей в окрестностях цементного завода / С. В. Морозов, В. Ф. Рапута, В. В. Коковкин // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2019. – Т. 4. – №. 1.
  57. Научные основы управления гигиеническими факторами общественного здоровья / А. А. Белоног, Г. Г. Онищенко, Т. Слажнева, А. Корчевский. – Алматы, 2003. – 391 с.
  58. Некоторые аспекты моделирования атмосферных взвесей исходя из вещественного состава / К. С. Голохваст, И. Ю. Чекрыжов, И. Л. Ревуцкая [и др.] // Известия Самарского НЦ РАН. – 2012. – Т. 14, № 1(9). – С. 2401–2404.
  59. О методах определения фонового загрязнения атмосферы в городах / М. Е. Берлянд, Э. Ю. Безуглая, Е. Л. Генихович [и др.] // Труды ГГО, 1984. - Вып. 479. - С.17-30.
  60. Обзор данных о воздействии загрязнения воздуха на здоровье –проект REVIHAAP. Краткое изложение научного отчета / ВОЗ. Европейское региональное Бюро. 2013. // [www.euro.who.int](http://www.euro.who.int) [сайт]. – URL: [http://www.euro.who.int/data/assets/pdf\\_file/0009/218574/REVIHAAP-Final-technical-report-Rus.pdf](http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0009/218574/REVIHAAP-Final-technical-report-Rus.pdf). (дата обращения 08.05.2021).
  61. Онищенко, Г. Г. Актуальные вопросы методологии оценки риска и её роль в совершенствовании системы социально-гигиенического мониторинга / Г. Г. Онищенко // Гигиена и санитария. – 2005. - № 2. – С. 3-6.
  62. Опыт практических исследований по сравнительной оценке радиационных и химических рисков здоровью населения от воздействия факторов окружающей среды / С. М. Новиков, Т. А. Шашина, Н. С. Додина [и др.] // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 12. – С. 1425–1431.

63. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Г. Г. Онищенко, С. М. Новиков, Ю. А. Рахманин, С. Л. Авалиани. – Москва: НИИ ЭЧиГОС, 2002. – 408 с.
64. Оценка вклада факторов среды в формирование демографической ситуации на региональном уровне / Н. Е. Вяльцина, В. М. Боев, Н. Н. Верещагин [и др.] // Гигиена и санитария. – 2009. - № 4. – С. 20-22.
65. Оценка влияния автотранспорта на загрязнение снежного покрова в городе Барнауле / О. М. Лабузова, Т. В. Носкова, М. С. Лысенко [и др.] // Известия Алтайского отделения РГО. - 2018. - № 3 (50). - С. 53-56.
66. Оценка выбросов диоксида серы в атмосферу Норильского промышленного района / В. Ф. Рапуга, Д. В. Симоненков, Б. Д. Белан, Т. В. Ярославцева // Оптика атмосферы и океана. - 2019. - Т. 32. - № 06. - С. 465–470.
67. Оценка качества атмосферного воздуха населенных мест расчетным методом в системе СГМ / М. В. Винокурова, А. В. Винокуров, В. Б. Гурвич [и др.] // Гигиена и санитария. – 2004. - № 4. – С. 25-27.
68. Оценка риска для здоровья от загрязнения воздуха - общие принципы. - Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ; 2016 год. – 40 с. // [www.euro.who.int](http://www.euro.who.int) [сайт]. – URL: [https://www.euro.who.int/data/assets/pdf\\_file/0006/300876/Health-risk-assessment-air-pollution-General-principles-ru.pdf](https://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0006/300876/Health-risk-assessment-air-pollution-General-principles-ru.pdf) (дата обращения: 07.04.2021).
69. Оценка риска здоровью населения от воздействия атмосферных загрязнений на отдельных территориях города Москвы / А. В. Иваненко, Е. В. Судакова, С. А. Скворцов [и др.] // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96(3). – С. 206–211.
70. Оценка экологической обстановки населением // Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Новосибирской области [сайт]. - URL: - <http://www.dproos-nso.ru/articles.php?article=570&item=58>; Экологические проблемы Искитима // URL: - <http://www.hintfox.com/article/ekologicheskie-problemi-skitima.html>

71. Оценка экспозиции населения к мелкодисперсной пыли в зонах влияния выбросов промышленных стационарных источников / И. В. Май, А. А. Кокоулина, С. Ю. Загороднов [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2014. – № 1. – С. 21–30.
72. Пименова, Е. В. Гигиеническое и экологическое нормирование качества окружающей среды: учебное пособие / Е. В. Пименова, Т. Ю. Насртдинова, С. В. Лихачёв. – Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2017.- 151 с.
73. Подлужная, А. С. Аккумуляция тяжелых металлов в почве и древесных культурах рекреационных зон г. Красноярск: дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук: 03.02.08 / Подлужная Анастасия Сергеевна; ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет». – Красноярск, 2019. – 168 с.
74. Попова, А. Ю. Здоровье населения как целевая функция и критерий эффективности мероприятий Федерального проекта «Чистый воздух» / А. Ю. Попова, Н. В. Зайцева, И. В. Май // Анализ риска здоровью. – 2010. - № 4. – С. 4-13.
75. Приказ МЗ РФ № 267 от 19.06.2003 г. «Об утверждении правил лабораторной практики» Электронный ресурс. URL: <https://base.garant.ru/4179352>.
76. Ракитский, В. Н. Анализ риска здоровью при воздействии атмосферных загрязнений как составная часть стратегии уменьшения глобальной эпидемии неинфекционных заболеваний / В. Н. Ракитский, С. Л. Авалиани, С. М. Новиков // Анализ риска здоровью. – 2019. - № 4. – С. 30-36.
77. Рапопорт, О.А. К вопросу о нормировании выбросов мелкодисперсных частиц размерами менее 10 мкм (PM10) и менее 2,5 мк(PM2,5) / О. А. Рапопорт, И. Д. Копылов, Г. Н. Рудой // Экологический вестник. – 2012. – № 4. – С. 56–61.
78. Рапута, В. Ф. Модели реконструкции полей длительных выпадений аэрозольных примесей / В. Ф. Рапута // Оптика атмосферы и океана. - 2007.

- Т. 20. - № 6. - С. 506-511.
79. Рапута, В. Ф. Наземный и спутниковый мониторинг загрязнения снежного покрова города в оценке состояния здоровья населения / В. Ф. Рапута, Т. В. Ярославцева // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2017. – Т. 4. – №. 1. – С. 32-36.
80. Рапута В. Ф. Анализ рассеивания субмикронных аэрозолей и тяжелых металлов от неподвижных (стационарных) источников выбросов: отчет НИР за 2019 год. – Новосибирск, 2019.
81. Савчнков, Ю. А. Донозологическая диагностика в проблеме «окружающая среда – здоровье населения» / Ю. А. Рахманин, Ю. А. Ревазова // Гигиена и санитария. – 2004. - № 4. – С. 3-5.
82. Рахманин, Ю. А. Методологические проблемы оценки угроз здоровью человека факторов окружающей среды / Ю. А. Рахманин. С. М. Новиков, Г. И. румянцев // Гигиена и санитария. – 2003. - № 6. – С. 5-10.
83. Рахманин, Ю. А. Научные основы теории риска в системе СГМ / Ю. А. Рахманин, С. М. Новиков, Н. В. Русаков // Гигиена и санитария. – 2004. - № 5. – С. 4-5.
84. Рахманин, Ю. А. Научные проблемы совершенствования социально-гигиенического мониторинга / Ю. А. Рахманин, С. М. Новиков // Гигиена и санитария. – 2004. - № 3. – С. 3-6.
85. РД 52.04.667-2005. Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения. Общие требования к разработке, построению, изложению и содержанию. Утвержден и введен в действие 01.02.2006 г.– Москва: Метеоагентство Росгидромета, 2006. – 60 с.
86. РД 52.04.830-2015 «Массовая концентрация взвешенных частиц РМ 10 и РМ 2,5 в атмосферном воздухе» // docs.cntd.ru [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200133379> (дата обращения: 07.04.2021).
87. РД 52.04.840-2015 «Применение результатов мониторинга качества

- атмосферного воздуха, полученных с помощью методов непрерывных измерений» // docs.cntd.ru [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200133380> (дата обращения: 03.0207.04.2021).
88. Ревич, Б. А. Мелкодисперсные взвешенные частицы в атмосферном воздухе и их воздействие на здоровье жителей мегаполисов / Б. А. Ревич // Проблемы экологического мониторинга и моделирование экосистем. – 2018. – Т XXIX. - № 3. – С. 53–78.
89. Ревокатова, А. П. О методе оперативного расчета эмиссии загрязняющих веществ в атмосферу на примере Москвы и Московской области / А. П. Ревокатова, Г. В. Суркова, А. В. Кислов // Вестник Московского университета. - Сер. 5. - География. - 2013. - № 1. -С. 33-41.
90. Риск для здоровья населения от химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух, в городе с развитой целлюлозно-бумажной промышленностью / Т. Н. Унгурияну, С. М. Новиков, Р. В. Бузинов, А. Б. Гудков // Гигиена и санитария. – 2010. - № 4. – С. 21-24.
91. Риски для здоровья от загрязнения воздуха в Европе – проект HRAPIE – Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ; 2015. – 72 с. // [www.euro.who.int](http://www.euro.who.int) [сайт]. – URL: [https://www.euro.who.int/data/assets/pdf\\_file/0008/271943/Health-risks-of-air-pollution-in-Europe-HRAPIE-project\\_rus.pdf](https://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0008/271943/Health-risks-of-air-pollution-in-Europe-HRAPIE-project_rus.pdf) (дата обращения 07.04.2021).
92. Рыбкин, В. С. Основы гигиенического нормирования факторов окружающей среды (Избранные лекции по общей гигиене) / В. С. Рыбкин // Астраханский вестник экологического образования. - 2011. – №1. – С.103-110.
93. Рязанов, В. А. Основные принципы гигиенического нормирования атмосферных загрязнений / В. А. Рязанов // Гигиена и санитария. - 1949. - №5. -С. 3-9.
94. Савченков, М. Ф. Проблемы медицины окружающей среды Сибири / М. Ф. Савченков, Е. Д. Савилов // Гигиена и санитария. – 2006. - № 1. – С. 19-20.
95. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к

- обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» // docs.cntd.ru [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 07.04.2021).
96. Сенотрусова, С. В. Влияние техногенного загрязнения на заболеваемость детского населения промышленных городов / С. В. Сенотрусова // Здоровая окружающая среда – основа безопасности регионов: материалы первого междунар. экологического форума в Рязани, Рязань, 11-13 мая 2017 г. – Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2017. Т. 2. – С. 140-143.
97. Сеницина, О. О. Научные основы системы регионального нормирования химических веществ в окружающей среде с учетом комплексного действия на организм: автореф. дис. на соиск. учен. степ. доктора мед. наук: 14.00.07 / Сеницына Оксана Олеговна; ГУ «НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды РАМН». - Москва, 2004. - 43 с.
98. Славин, М. Б. Методы системного анализа в медицинских исследованиях / М. Б. Славин. – М.: Медицина, 1989. – 304с.
99. Совершенствование методических подходов к обоснованию среднегодовых предельно допустимых концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест по критериям допустимого риска здоровью человека / Н. В. Зайцева, П. З. Шур, К. В. Четверкина, А. А. Хасанова // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 3. – С. 39–48. DOI: 10.21668/health.risk/2020.3.05
100. Современные вызовы и пути совершенствования оценки и управления рисками здоровью населения / В. Н. Ракитский, С. В. Кузьмин, С. Л. Авалиани [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 3. – С. 23–29. DOI: 10.21668/health.risk/2020.3.03
101. Способ приготовления стандартных образцов аэрозолей [Текст]: пат. 2525427 Рос. Федерация: МПК G 01 N 1/28; G 01 N 1/38. / К. С. Голохваст, А. М. Паничев, А. Н. Гульков, В. В. Чайка– № 2012136705/15; заявл. 27.08.12;опубл. 10.08.14, Бюл. № 22. – 7 с. : ил.
102. Сучкова, С. В. Изучение здоровья населения, проживающего в зоне влияния



- ООО "Красноярский цемент", с применением оценки риска и эпидемиологических методов исследования / С. В. Сучкова // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. - 2017. - № 13. – С. 745-746.
103. Табакаев, М. В. Влияние загрязнения атмосферного воздуха взвешенными веществами на распространенность сердечно-сосудистых заболеваний среди городского населения / М. В. Табакаев, Г. В. Артамонова // Вестник РАМН. – 2014. – № 3–4. – С. 55–60.
104. Ткаченко А.В., Ильченко Г.В. Здоровье населения в условиях загрязненной ландшафтной экологии // Здоровье и образование в XXI веке. - 2017. - №6. – С. 98-100.
105. Холодов, А.С. Геоэкологическая оценка загрязнения атмосферы малых и средних населенных пунктов Приморского края микроразмерными частицами: дис. на соиск. учен. степ. канд. геогр. наук: 25.00.36 / Холодов Алексей Сергеевич; ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет». – Владивосток, 2019. – 184с.
106. Формирование загрязнения атмосферного воздуха города Владивостока и его влияние на распространение болезней органов дыхания / Л. В. Веремчук, В. И. Янькова, Т. И. Виткина, Л. С. Барскова [и др.] // Сибирский научный медицинский журнал. – 2015. – Т. 35(4). – С. 55 – 61.
107. Численное исследование процессов переноса и трансформации газовых и аэрозольных примесей в шлейфе выбросов Норильского промышленного района / В. Ф. Рапута, Д. В. Симоненков, Б. Д. Белан, Т. В. Ярославцева // Оптика атмосферы и океана. - 2018. - Т. 31. - № 6. - С. 438-442.
108. Численный анализ данных аэрозольных выпадений примесей от высотного источника / В. Ф. Рапута, В. А. Шлычков, А. А. Леженин, А. Н. Романов, Т.В. Ярославцева // Оптика атмосферы и океана. – 2014. – Т. 27. – № 8. – С. 713–718.
109. Шевчук, А. Г. Опасное влияние цементной пыли на организм человека на ОАО " Спасскцемент" / А.Г. Шевчук, О.В. Журавлёва, // Студенческая наука: современные реалии. – 2018. – С. 90-92.

110. Экологическая характеристика качественного состава атмосферных взвесей острова Русский / К. С. Голохваст, В. В. Чайка, Ю. А. Васянович [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – № 4(11). – С 146–150.
111. Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов: Учеб. пособие для вузов / В. Н. Майстренко, Р. З. Хамитов, Г. К. Будников. - Москва: Химия, 1996. - 319 с. ISBN 5-7245-1100-2
112. Юдович, Б. Э. Цементная промышленность и экология / Б. Э. Юдович, А.М. Дмитриев, Ю.А. Лямин, С.А. Зубехин // allbeton.ru: [сайт]. – URL: <https://www.allbeton.ru/upload/iblock/ac6/cementnaya-promishlennost-i-ekologiya-iyudovichk.pdf> (дата обращения: 14.02.2018 г.).
113. Ярославцева, Т. В. Численная реконструкция полей аэрозольных выпадений примесей по данным наземного и спутникового мониторинга / Т. В. Ярославцева, Р.А. Амикишиева, В.Ф. Рапуга // Труды Международной конференции «АПВПМ». - 2019. - № 2019. – С. 575-580.
114. 9 out of 10 people worldwide breathe polluted air, but more countries are taking action / News release World Health Organization. – 2018. Electronic resource. - URL: <http://www.who.int/news-room/detail/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>
115. A benchmark for numerical scheme validation of airborne particle exposure in street canyons / S. Marini, G. Buonanno, L. Stabile [et al.] // Environ. Sci. Pollut. Res. Int. – 2015. – Vol. 22 – P. 2051–2063.
116. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010 / S.S. Lim, T. Vos, A.D. Flaxman [et al.] // Lancet. – 2012. – Vol. 380(9859). – P. 2224–2260.
117. A reconnaissance study of a potential emerging Mexican mesothelioma epidemic due to fibrous zeolite exposure / E.B. Ilgren, M.O. Breña, J.C. Larragoitia [et al.] // Indoor and Built Environment. – 2008. – Vol. 17(6). – P. 496–515.
118. A retrospective approach to assess human health risks associated with growing air

- pollution in urbanized area of Thar Desert, western Rajasthan, India / H.S. Rumana, R.C. Sharma, V. Beniwal [et al.] // *J. Environ. Health Sci. Engineer.* – 2014. – Vol. 12(23). – P. 2–9.
119. A work group report on ultrafine particles (American Academy of Allergy, Asthma & Immunology): Why ambient ultrafine and engineered nanoparticles should receive special attention for possible adverse health outcomes in humans / N. Li, S. Georas, N. Alexis [et al.] // *J. Allergy Clin. Immunol.* 2016. – Vol. 138(2). – P. 386– 396.
120. ACGIH members. 2015 TLVs® and BEIs®. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices. — ACGIH. — Cincinnati, Ohio, 2015. — ISBN 978-1-607260-77-6.
121. Activation of Proinflammatory Responses in Cells of the Airway Mucosa by Particulate Matter: Oxidant- and Non-Oxidant-Mediated Triggering Mechanisms / J. Øvrevik, M. Refsnes, M. Låg [et al.] // *Biomolecules.* – 2015. – Vol. 5(3). – P. 1399– 1440.
122. Adverse effects of outdoor pollution in the elderly / M. Simoni, S. Baldacci, S. Maio [et al.] // *J. Thorac. Dis.* – 2015. – Vol. 7(1). – P. 34–45. *Aeroparticles, Composition, and Lung Diseases* / C.I. Falcon-Rodriguez, A.R. Osornio-Vargas, I. Sada-Ovalle [et al.] // *Front. Immunol.* – 2016. – Vol. 7. – 3 p.
123. Air particulate matter and cardiovascular disease: The epidemiological, biomedical and clinical evidence / Y. Du, X. Xu, M. Chu [et al.] // *J. Thorac. Dis.* – 2015. – Vol. 8(1). – P. 8–19.
124. Air pollution exposure and lung function in children: the ESCAPE project / U. Gehring, O. Gruzieva, R.M. Agius [et al.] // *Environ. Health Perspect.* – 2013. – Vol.121(11–12). – P. 1357– 1364.
125. Air Quality Effects on Human Health and Approaches for Its Assessment through Microfluidic Chips / F. Schulze, X. Gao, D. Virzonis [et al.] // *Genes (Basel).* – 2017. – Vol. 8(10). – P. 244.
126. Airborne quinones induce cytotoxicity and DNA damage in human lung epithelial A549 cells: the role of reactive oxygen species / Y. Shang, L. Zhang, Y. Jiang [et

- al.] // *Chemosphere*. – 2014. – Vol. 100. – P. 42–49.
127. Ambient (outdoor) air quality and health // World Health Organization: Fact sheets. Electronic resource: URL: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (accessed 5 February 2019).
128. Ambient Size Distributions and Lung Deposition of Aerosol Dithiothreitol-Measured Oxidative Potential: Contrast between Soluble and Insoluble Particles / T. Fang, L. Zeng, D. Gao [et al.] // *Environ. Sci. Technol.* – 2017. – Vol. 51(12). – P. 6802–6811.
129. Antioxidant responses and cellular adjustments to oxidative stress / C. Espinosa-Diez, V. Miguel, D. Mennerich [et al.] // *Redox Biol.* – 2015. – Vol. 6. – P. 183–197.
130. Antioxidants in translational medicine / H.H.W. Harald, R.S. Schmidt, C. Vollbracht [et al.] // *Antioxid. Redox Signal.* – 2015. – Vol. 23(14). – P. 1130–1143.
131. Associations between fine and coarse particles and mortality in Mediterranean cities: results from the MED-PARTICLES project / E. Samoli, M. Stafoggia, S. Rodopoulou [et al.] // *Environ. Health Perspect.* – 2013. – Vol. 121(8). – P. 932–938.
132. Associations between polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) exposure and oxidative stress in people living near e-waste recycling facilities in China / S.Y. Lu, Y.X. Li, J.Q. Zhang [et al.] // *Environ. International.* – 2016. – Vol. 94. – P. 161–169.
133. Associations between source-specific fine particulate matter and emergency department visits for respiratory disease in four U.S. Cities / J.R. Krall, J.A. Mulholland, A.G. Russell [et al.] // *Environ. Health Perspect.* – 2017. – Vol. 125. – P. 97–103.
134. Asthma morbidity and ambient air pollution: effect modification by residential traffic-related air pollution / R.J. Delfino, J. Wu, T. Tjoa [et al.] // *Epidemiology*. – 2014. – Vol. 25(1). – P. 48–57.

135. Becker, S. Involvement of microbial components and toll-like receptors 2 and 4 in cytokine responses to air pollution particles / S. Becker, M.J. Fenton, J.M. Soukup // *Am. J. Respir. Cell Mol. Biol.* – 2002. – Vol. 27 (5). – P. 611–618.
136. Beyond PM<sub>2.5</sub>: The role of ultrafine particles on adverse health effects of air pollution / R. Chen, B. Hu, Y. Liu [et al.] // *Biochim. Biophys. Acta.* – 2016. – Vol. 1860(12). – P. 2844–2855.
137. Brauer M., Freedman G., Frostad J., et al. Ambient Air Pollution Exposure Estimation for the Global Burden of Disease 2013. *Environ Sci Technol.* – 2016. – Vol. 50. – P. 79-88.
138. Bwititi, P.T. Oxidative stress markers in infectious respiratory diseases: current clinical practice / P.T. Bwititi, K. Chinkwo // *International Journal of Research in Medical Sciences.* – 2016. – Vol. 4 (6). – P.1802–1813.
139. Blanc P.D., Iribarren C., Trupin L., Earnest G., Katz P.P, Balmes J. et al. Occupational exposures and the risk of COPD: Dusty trades revisited // *Thorax.* – 2009. – Vol. 64. – P. 6–12. <https://doi.org/10.1136/thx.2008.099390> PMID:18678700 PMCID: PMC2775075.
140. Cashew nut roasting: chemical characterization of particulate matter and genotoxicity analysis / M.F. De Oliveira Galvão, C.T. De Melo, P.A. De André [et al.] // *Environ. Res.* – 2014. – Vol. 131. – P. 145–152.
141. Cassano, Domenico; Santi, Melissa; Cappello, Valentina; Luin, Stefano; Signore, Giovanni; Voliani, Valerio (November 2016). "Biodegradable Passion Fruit-Like Nano-Architectures as Carriers for Cisplatin Prodrug". *Particle & Particle Systems Characterization.* 33 (11): 818–824. doi:10.1002/ppsc.201600175.
142. Chen L., Shi M., Gao S. et al. Assessment of population exposure to PM<sub>2.5</sub> for mortality in China and its public health benefit based on BenMAP // *Environ Pollut.* – 2017. – Vol. 221. – P. 311-7.
143. Cheng, H. Nanoscale particulate matter from urban traffic rapidly induces oxidative stress and inflammation in olfactory epithelium with concomitant effects on brain / H. Cheng, A. Saffari, C. Sioutas [et al.] // *Environ. Health Perspect.* – 2016. – Vol. 124(10). – P. 1537–1546.

144. Children's respiratory health and oxidative potential of PM<sub>2.5</sub>: the PIAMA birth cohort study / A. Yang, N.A.H. Janssen, B. Brunekreef [et al.] // *Occup. Environ. Med.* – 2016. – Vol. 73. – P. 154–160.
145. Circulating biomarkers of oxidative stress in chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review / E. Zinellu, A. Zinellu, F.A. Giuseppe [et al.] // *Resp. Res.* – 2016. – Vol. 17. – P. 150.
146. Couto, N. The role of glutathione reductase and related enzymes on cellular redox homeostasis network / N. Couto, J. Wood, J. Barber // *Free Radic. Biol. Med.* – 2016. – Vol. 95. – P. 27–42.
147. Cui, Y. Ambient particulate matter exposure and cardiovascular diseases: a focus on progenitor and stem cells / Y. Cui, Q. Sun, Z. Liu // *J. Cell Mol. Med.* – 2016. – Vol. 20(5). – P. 782–793.
148. Cytokines involved in the systemic inflammatory response induced by exposure to particulate matter air pollutants (PM<sub>10</sub>) / S.F. Van Eeden, W.C. Tan, T. Suwa [et al.] // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* – 2001. – Vol. 64(5). – P. 826–830.
149. Cytotoxic and inflammatory potential of size-fractionated particulate matter collected repeatedly within a small urban area / E.M. Thomson, D. Breznan, S. Karthikeyan, Ch. MacKinnon-Roy [et al.] // *Part. Fibre Toxicol.* – 2015. – Vol. 12. – 24 p.
150. Davies, M.J. Protein oxidation and peroxidation / M.J. Davies // *Biochem J.* – 2016. – Vol. 473(7). – P. 805–25.
151. Darquenne, C. Aerosol deposition in the human lung in reduced gravity / C. Darquenne // *J. Aerosol Med. Pulm. Drug Deliv.* – 2014. – Vol. 27(3). – P. 170–177.
152. Day-to-day variability of toxic events induced by organic compounds bound to size segregated atmospheric aerosol / J. Topinka, P. Rossner, A. Milcová [et al.] // *Environ. Pollution.* – 2015. – Vol. 202. – P. 135–145
153. Design of the Subpopulations and Intermediate Outcome Measures in COPD (SPIROMICS) AIR Study / N.N. Hansel, L.M. Paulin, A.J. Gassett [et al.] // *BMJ Open Resp. Res.* – 2017. – Vol. 4(1): e000186.

154. Determination of the carbon content of airborne fungal spores / H. Bauer, A. Kasper-Giebl, F. Zibuschka [et al.] // *Analytical Chemistry*. – 2002. – Vol. 74(1). – P. 91–95.
155. Di Q., Dai L., Wang Y. et al. Association of Short-term Exposure to Air Pollution With Mortality in Older Adults // *JAMA*. – 2017. – Vol. 318. – P. 2446-56.
156. Di Q., Wang Y., Zanobetti A. et al. Air Pollution and Mortality in the Medicare Population // *N Engl J. Med.* - 2017. – Vol. 376. – P. 2513-22.
157. Different particle determinants induce apoptosis and cytokine release in primary alveolar macrophage cultures / M. Refsnes, R.B. Hetland, J. Ovreivik [et al.] // *Part. Fibre Toxicol.* – 2006. – Vol. 3. – 10 p.
158. Differential toxicological response to positively and negatively charged nanoparticles in the rat brain / K.B. Knudsen, H. Northeved, P.K. Ek [et al.] // *Nanotoxicology*. – 2014. – Vol. 8. – P. 764–774.
159. Differentiating the effects of fine and coarse particles on daily mortality in Shanghai, China / H. Kan, S.J. London, G. Chen [et al.] // *Environment International*. – 2007. - № 33. – P. 376-384.
160. Dominko, K. Glutathionylation: a regulatory role of glutathione in physiological processes / K. Dominko, D. Đikić // *Arh. Hig. Rada Toksikol.* – 2018. – Vol. 69(1). – P. 1–24.
161. Dose-dependent intracellular reactive oxygen and nitrogen species (ROS/RNS) production from particulate matter exposure: comparison to oxidative potential and chemical composition. // W.Y. Tuet, S. Fok, V. Verma [et al.] // *Atmos. Environ.* – 2016. – Vol. 144. – P. 335–344.
162. Doshi, N. Macrophages recognize size and shape of their targets / N. Doshi, S. Mitragotri // *PLoS ONE*. – 2010. – Vol. 5(4), e10051.
163. Doyle, K. Pollution Particles Damage Blood Vessels, May Lead to Heart Disease / K. Doyle // *Reuters: New York, NY, USA*. – 2016. Electronic resource: URL: <https://www.reuters.com/article/us-health-cardiovascular-pm2-5-pollution/pollution-particles-damage-blood-vessels-may-lead-to-heart-disease-idUSKCN12Q2LM>.

164. Environmental Protection Agency. National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter; Final rule [Электронный ресурс]//Federal Register. – 2006 – Vol. 71. – -94 p. – URL.:<http://www3.epa.gov/ttnamtil/files/ambient/pm2,5/pt535806.pdf> (дата обращения 07.05.2021).
165. Elemental composition of particulate matter and the association with lung function / M. Eeftens, G. Hoek, O. Gruzieva [et al.] // *Epidemiology*. – 2014. – Vol. 25. – P. 648–657.
166. Epidemiological time series studies of PM<sub>2.5</sub> and daily mortality and hospital admissions: a systematic review and meta-analysis / R.W. Atkinson, S. Kang, H.R. Anderson [et al.] // *Thorax*. – 2014. – Vol. 69. – P. 660–665.
167. Erdely A, Dahm M, Chen BT, Zeidler-Erdely PC, Fernback JE, Birch ME, et al. (October 2013). "Carbon nanotube dosimetry: from workplace exposure assessment to inhalation toxicology". *Particle and Fibre Toxicology*. 10 (1): 53. doi:10.1186/1743-8977-10-53. PMC 4015290. PMID 24144386.
168. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015 / A.J. Cohen, M. Brauer, R. Burnett [et al.] // *Lancet*. – 2017. – Vol. 389(10082). – P. 1907–1918.
169. Exposure to ambient particulate matter induces oxidative stress in lung and aorta in a size- and time-dependent manner in rats / O.G. Aztatzi-Aguilar, A. Valdés-Arzate, Y. Debray-García [et al.] // *Toxicology Research and Application*. – 2018. – Vol. 2(1) – P. 15.
170. Fatani, S.H. Biomarkers of oxidative stress in acute and chronic bronchial asthma / S.H. Fatani // *J. Asthma*. – 2014. – Vol. 51(6). – P. 578–84.
171. Fine particle components and health – systematic review and meta-analysis of epidemiological time series studies of daily mortality and hospital admissions / R.W. Atkinson, I.C. Mills [et al.] // *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* – 2015. –



- Vol. 25. – P. 208–214.
172. Fine Particulate Matter and Emergency Room Visits for Respiratory Illness. Effect Modification by Oxidative Potential / S.A. Weichenthal, E. Lavigne, G.J. Evans, K.J. Godri Pollitt [et al.] // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* – 2016. – Vol. 194(5). – P. 577–586.
  173. Fischer P.H., Marra M., Ameling C.B., Janssen N., Cassee F.R. Trends in relative risk estimates for the association between air pollution and mortality in The Netherlands, 1992-2006. *Environ Res.* 2011 Jan;111(1):94-100. doi: 10.1016/j.envres.2010.09.010. PMID: 20970785.
  174. GBD 2017 Risk Factor Collaborators. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks for 195 countries and territories, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. // *Lancet.* – 2018. – Vol. 392. - P. 1923-94. 10.1016/S0140-6736(18)32225-6
  175. Gheibi M., Karrabi M., Shakerian M., Mirahmadi M. Life cycle assessment of concrete production with a focus on air pollutants and the desired risk parameters using genetic algorithm // *J Environ Health Sci Eng.* – 2018. – Vol. 16(1). – P. 89-98. doi: 10.1007/s40201-018-0302-x. PMID: 30258645; PMCID: PMC6148234.
  176. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2015 a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015 // *Lancet.* – 2016. – Vol. 388(10053). – P. 1659–1724.
  177. Groves, E. Molecular mechanisms of phagocytic uptake in mammalian cells / E. Groves, A.E. Dart, V. Covarelli // *Cellular and Molecular Life Sciences.* – 2008. – Vol. 65(13). – P. 1957–1976.
  178. Hawkins, C.L. Detection, identification, and quantification of oxidative protein modifications / C.L. Hawkins, M.J. Davies. // *J. Biol. Chem.* – 2019. – Vol. 294(51). – P. 19683–19708.
  179. Hiraiwa, K. Contribution of Lung Macrophages to the Inflammatory Responses

- Induced by Exposure to Air Pollutants / K. Hiraiwa, S.F. van Eeden // *Mediators of Inflammation Volume*. – 2013. – P. 10. ID 619523.
180. Holmgren, A. Thioredoxin and thioredoxin reductase: current research with special reference to human disease / A. Holmgren, J. Lu // *Biochem. Biophys. Res. Commun.* – 2010. – Vol. 396(1). – P. 120-4.
  181. Identification of Novel Nuclear Targets of Human Thioredoxin 1 / C. Wu, M.R. Jain, Q. Li [et al.] // *Mol. Cell Proteomics*. – 2014. – Vol. 13(12). – P. 3507–3518.
  182. Impact evaluation of environmental factors on respiratory function of asthma patients living in urban territory / L.V. Veremchuk, K. Tsarouhas, T.I. Vitkina [et al.] // *Environ. Pollution*. – 2018 – Vol. 235. – P. 489–496.
  183. Impact of atmospheric microparticles and heavy metals on external respiration function of urbanized territory population / L.V. Veremchuk, E.E. Mineeva, T.I. Vitkina [et al.] // *Russian Open Medical Journal*. – 2017. – Vol. 6, Iss. 4.
  184. Impact of atmospheric microparticles on the development of oxidativestress in healthy city/industrial seaport residents / K.S. Golokhvast, T.I. Vitkina, T.A. Gvozdenko [et al.] // *Oxid. Med. Cell. Longev.* – Vol. 2015. – ID 412173, 10 p.
  185. Incomplete lung recovery following sub-acute inhalation of combustion- derived ultrafine particles in mice / A. Noël, R. Xiao, Z. Perveen [et al.] // *Part. Fibre Toxicol.* – 2016. – Vol. 13. – 10 p.
  186. Influence of air pollution on hospital admissions in adult asthma in northeast China / Y. Liu, H.D. Wang, Z.X. Yu [et al.] // *Chin. Med. J.* – 2018. – Vol. 131. – P. 1030–1033.
  187. International guiding principles for biomedical research involving animals / Council for international organization of medical sciences and the international council for laboratory animal science. 2012. Electronic resource. URL: [https://olaw.nih.gov/sites/default/files/Guiding\\_Principles\\_2012.pdf](https://olaw.nih.gov/sites/default/files/Guiding_Principles_2012.pdf).
  188. Ischemic heart disease mortality and long-term exposure to source-related components of U.S. fine particle air pollution / G.D. Thurston, R.T. Burnett, M.C. Turner, Y. [et al.] // *Environ. Health Perspect.* – 2016. – Vol. 124. – P. 785–794.

189. Kawai T. Toll-like receptors and their crosstalk with other innate receptors in infection and immunity / T. Kawai, S. Akira // *Immunity*. – 2011. – Vol. 34(5). – P. 637–50.
190. Keuken MP et al. (2012) Elemental carbon as an indicator for evaluating the impact of traffic measures on air quality and health. *Atmospheric environment*, 61: 1–8.
191. Kim K.-H. A review on the human health impact of airborne particulate matter / K.-H. Kim, E. Kabir, S. Kabir // *Environ. International*. – 2015. – Vol. 74. – P. 136–43.
192. Kiranmai, G. Antioxidant status in MgO nanoparticle-exposed rats / G. Kiranmai, A.R. Reddy // *Toxicol. Ind. Health*. – 2014. – Vol. 29. – P. 897–903.
193. Konovalov I. B., Beekmann M., Kuznetsova I. N. Atmospheric impacts of the 2010 Russian wildfires: integrating modelling and measurements of an extreme air pollution episode in the Moscow region // *Atmos. Chem. Phys.* - 2011. - Vol. 11. - P. 10031-10056.
194. Lee, B.J. Air pollution exposure and cardiovascular disease / B.J. Lee, B. Kim, K. Lee // *Toxicol. Res.* – 2014. – Vol. 30(2). – P. 71–75.
195. Léveillard, T. Cell Signaling with Extracellular Thioredoxin and ThioredoxinLike Proteins: Insight into Their Mechanisms of Action / T. Léveillard, N. Aït-Ali // *Oxid. Med. Cell. Longev.* – 2017. – Vol. 2017. – 11p.
196. Lim S.S. et al. (2013) A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study // *Lancet*. – 2010. – Vol. 380/ - P. 2224–2260.
197. Long term exposure to ambient air pollution and incidence of acute coronary events: Prospective cohort study and meta-analysis in 11 European cohorts from the ESCAPE Project / G. Cesaroni, F. Forastiere, M. Stafoggia [et al.] // *BMJ*. – 2014. – Vol. 348. – P. 7412.
198. Lu, J. The thioredoxin antioxidant system / J. Lu, A. Holmgren // *Free Radic. Biol. Med.* – 2014. – Vol. 66. – P. 75–87.

199. Macrophages treated with particulate matter PM<sub>2.5</sub> induce selective neurotoxicity through glutaminase-mediated glutamate generation / F. Liu, Y. Huang, F. Zhang [et al.] // *J. Neurochem.* – 2015. – Vol. 134. – P. 315 – 326.
200. Manisalidis I., Stavropoulou E., Stavropoulos A., Bezirtzoglou E. Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Front // Public Health.* – 2020. - Vol. 8. - P. 14. doi: 10.3389/fpubh.2020.00014. PMID: 32154200; PMCID: PMC7044178.
201. Martina Bertoldi, Alessandro Borgini, Andrea Tittarelli, Elena Fattore, Alessandro Cau, Roberto Fanelli, Paolo Crosignani, Health effects for the population living near a cement plant: An epidemiological assessment // *Environment International.* 2012. - Vol. 41, - P. 1-7. ISSN 0160-4120, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2011.12.005>.
202. Matsuzawa A. Thioredoxin and redox signaling: Roles of the thioredoxin system in control of cell fate / A. Matsuzawa // *Arch. Biochem. Biophys.* – 2017. – Vol. 617. – P. 101–105.
203. Meo S.A. Health hazards of cement dust // *Saudi Med J.* – 2004. – Vol. 25(9). – P. 1153–1159.
204. Michaels R. *Transactions and Strategies: Economics for Management (with InfoApps).* — Cengage Learning, 2010. — P. 21—23. — ISBN 9781111779856.
205. Miele C.H., Checkley W. Clean Fuels to Reduce Household Air Pollution and Improve Health. Still Hoping to Answer Why and How // *Am J Respir Crit Care Med.* - 2017. – 195. – P. 1552-4. 10.1164/rccm.201701-0238ED.
206. Mwaiselage J., Moen B., Bråtveit M. Acute respiratory health effects among cement factory workers in Tanzania: an evaluation of a simple health surveillance tool // *Int Arch Occup Environ Health.* – 2006. – Vol. 79(1). – P.49–56. <https://doi.org/10.1007/s00420-005-0019-x> PMID:16049720.
207. Netto, L.E.S. The Roles of Peroxiredoxin and Thioredoxin in Hydrogen Peroxide Sensing and in Signal Transduction / L.E.S. Netto, F. Antunes // *Mol. Cells.* – 2016. – Vol. 39(1). – P. 65–71.
208. Neurotoxicity of traffic-related air pollution / L.G. Costa, T.B. Cole, J. Coburn [et

- al.] // *Neurotoxicology*. – 2017. – Vol. 59. – P. 133–139.
209. Noor H., Yap C.L., Zolkepli O., Faridah M. Effect of exposure to dust on lung function of cement factory workers // *Med J Malaysia*. – 2000. – Vol. 55(1). – P. 51–7. PMID:11072491.
210. Ostro B., Lipsett M., Mann J., Braxton-Owens H., White M. Air pollution and exacerbation of asthma in African-American children in Los Angeles // *Epidemiology*. – 2001. – Vol. 12, P. 200-208.
211. Outdoor particulate matter exposure and lung cancer: a systematic review and meta-analysis // G.B. Hamra, N. Guha, A. Cohen [et al.] // *Environ. Health Perspect.* – 2014. – Vol. 122. – P. 906–911.
212. Oxidative Potential of Particles in Different Occupational Environments: A Pilot Study / S. Jean-Jacques, D. Simon, S. Ferdinand [et al.] // *Ann. Occup. Hyg.* – 2015. – Vol. 59(7). – P. 82–94.
213. Oxidative potential of particulate matter collected at sites with different source characteristics / N.A.H. Janssen, A. Yang, M. Strak [et al.] // *Sci. Total Environ.* – 2014. – Vol. 472. – P. 572–581.
214. Oxidative potential of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> collected at high air pollution site related to chemical composition: Krakow case study. *Air Qual* / K. Styszko, L. Samek, K. Szramowiat [et al.] // *Atmos. Health*. – 2017. – Vol. 9(10). – P. 1–15.
215. Oxidative potential of subway PM<sub>2.5</sub> / T. Moreno, F.J. Kelly, C. Dunster [et al.] // *Atmos. Environ.* – 2017. – Vol. 148. – P. 230–238.
216. Oxidative stress, redox regulation and diseases of cellular differentiation / Z.-W. Ye, J. Zhang, D.M. Townsend [et al.] // *Biochim. Biophys. Acta*. – 2015. – Vol. 1850. – P. 1607–1621.
217. Palde, P.B. A universal entropy-driven mechanism for thioredoxin-target recognition / P.B. Palde, K.S. Carroll // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. – 2015. – Vol. 112(26). – P. 7960–7965.
218. Parod R.J. Immune opsonin-independent phagocytosis by pulmonary macrophages. / R.J. Parod, J.D. Brain // *J. Immunol.* – 1986. – Vol. 136(6). – P. 2041–2047.

219. Particulate matter air pollution components and risk for lung cancer / O. Raaschou-Nielsen, R. Beelenc, M. Wang [et al.] // *Environ. International.* – 2016. – Vol. 87. – P. 66–73.
220. Particulate matter and atherosclerosis: a bibliometric analysis of original research articles published in 1973–2014 / F. Wang, X. Jia, X. Wang, [et al.] // *BMC Public Health.* – 2016. – Vol. 16. – P. 348.
221. Particulate matter components, sources, and health: Systematic approaches to testing effects / K. Adams, D.S. Greenbaum, R. Shaikh [et al.] // *Journal of the Air & Waste Management Association,* – 2015. – Vol. 65(5). – P. 544–558.
222. Paulin, L. Particulate air pollution and impaired lung function / L. Paulin, N. Hansel // *F1000Res.* – 2016. – Vol. 5. – P. F1000. Faculty Rev-201.
223. Pediatric emergency visits and short-term changes in PM<sub>2.5</sub> concentrations in the U.S. state of Georgia / M.J. Strickland, H. Hao, X. Hu [et al.] // *Environ. Health Perspect.* – 2016. – Vol. 124. – P. 690–696.
224. Perspectives in biological monitoring of inhaled nanosized particles / M. Rinaldo, P. Andujar, A. Lacourt [et al.] // *Annals of occupational hygiene.* – 2015. – Vol. 59. – P. 669–680.
225. Phagocytosis of particulate air pollutants by human alveolar macrophages stimulates the bone marrow / H. Mukae, J. C. Hogg, D. English [et al.] // *Am. J. Physiol. Lung Cell Mol. Physiol.* – 2000. – Vol. 279(5). – P. 924–931.
226. Pinault, L. Risk estimates of mortality attributed to low concentrations of ambient fine particulate matter in the Canadian community health survey cohort / L. Pinault, M. Tjepkema, D.L Crouse [et al.] // *Environmental Health.* – 2016. – Vol. 15. – P. 18.
227. PM<sub>2.5</sub> collected in China causes inflammatory and oxidative stress responses in macrophages through the multiple pathways / K. Bekki, T. Ito, Y. Yoshida [et al.] // *Environ. Toxicol. Pharmacol.* – 2016. – Vol. 45. – P. 362–369.
228. PM<sub>2.5</sub> Objectives and History // National PEP Weighing Laboratory US- EPA. Region 4: Science and Ecosystem Support Division. Electronic resource. URL: <https://archive.epa.gov/pesticides/region4/sesd/pm25/web/html/p2.html>

229. Reactive Oxygen Species in Chronic Obstructive Pulmonary Disease / B. Samia, M.A. Wilson, K. Bahmed [et al.] // *Oxid. Med. Cell Longev.* – Vol. 2018. – ID 5730395, 9 p.
230. Recent advances in particulate matter and nanoparticle toxicology: a review of the in vivo and in vitro studies / A. Nemmar, J.A. Holme, I. Rosas [et al.] // *Biomed Res Int.* – 2013. – Vol. 2013: – ID 279371, 22 p.
231. Relationship between fine particulate matter, weather condition and daily non-accidental mortality in Shanghai, China: A Bayesian approach / X. Fang, B. Fang, C. Wang [et al.] // *PLoS One.* – 2017. – Vol. 12(11): e0187933.
232. Repeated exposures to roadside particulate matter extracts suppresses pulmonary defense mechanisms, resulting in lipid and protein oxidative damage / M. Pardo, Z. Porat, A. Rudich [et al.] // *Environ. Pollut.* – 2015. – Vol. 210. – P. 227–237.
233. Respiratory burst in alveolar macrophages exposed to urban particles is not a predictor of cytotoxicity / D. Breznan, P. Goegan, V. Chauhan [et al.] // *Toxicol. In Vitro.* – 2013. – Vol. 27. – P. 1287–97.
234. Respiratory risks from household air pollution in low and middle income countries / S.B. Gordon, N.G. Bruce, J. Grigg [et al.] // *Lancet Res. Med.* – 2014. – Vol. 2(10). – P. 823–860.
235. Review on recent progress in observations, source identifications and countermeasures of PM<sub>2.5</sub> / C.S. Liang, F.K. Duan, K.B. He [et al.] // *Environ. Int.* – 2016. – Vol. 86. – P. 150–170.
236. Rich D.Q., Zhang W., Lin S. et al. Triggering of cardiovascular hospital admissions by source specific fine particle concentrations in urban centers of New York State // *Environ Int.* – 2019. – Vol. 126. – P. 387-94.
237. Risk of nonaccidental and cardiovascular mortality in relation to long- term exposure to low concentrations of fine particulate matter: a canadian national-level cohort study / D.L Crouse, P.A. Peters, A. van Donkelaar [et al.] // *Environmental Health Perspectives.* – 2012. – Vol. 120(5). – P. 708–714.
238. Robinson, D.L. Composition and oxidative potential of PM<sub>2.5</sub> pollution and health / D.L. Robinson // *J. Thorac. Dis.* – 2017. – Vol. 9(3). – P. 444–447.

239. Role of the scavenger receptor MARCO in alveolar macrophage binding of unopsonized environmental particles / A. Palecanda, J. Paulauskis, E. Al-Mutairi [et al.]// *J. Exp. Med.* – 1999. – Vol. 189(9). – P. 1497–1506.
240. ROS production and gene expression in alveolar macrophages exposed to PM<sub>2.5</sub> from Baghdad, Iraq: Seasonal trends and impact of chemical composition / S.H. Hamad, J.J. Schauer, D.S. Antkiewicz [et al.] // *Science of the Total Environment.* – 2016. – Vol. 543(Pt A). – P. 739–745.
241. Route of exposure alters inflammation and lung function responses to diesel exhaust / A.N. Larcombe, J.A. Phan, A. Kicic [et al.] // *Inhal. Toxicol.* – 2014. – Vol. 26. – P. 409–418.
242. Ryazanov V.A. Sensory Physiology as Basis for Air Quality Standards. The Approach Used in the Soviet Union // *Taylor & Francis Archives of Environmental Health: An International Journal.* — 1962. — October (vol. 5 (iss. 5). — P. 480-494. — ISSN 1933-8244. — doi:10.1080/00039896.1962.10663316.
243. Ryazanov (ed). Volume 17. The Biological Effects and Hygienic Importance of Atmospheric Pollutants. — US Department of Commerce. — Washington, DC, 1968. — 154 p. — (U.S.S.R. Literature on Air Pollution and Related Occupational Diseases).
244. Sacks J.D., Lloyd J.M., Zhu Y. et al. The Environmental Benefits Mapping and Analysis Program - Community Edition (BenMAP-CE): A tool to estimate the health and economic benefits of reducing air pollution // *Environ Model Softw.* – 2018. – Vol. 104. – P. 118-29.
245. Selorm Fiati Kenston S., Hong Su, Zhou Li, Lu Kong, Yafei Wang, et al. The systemic toxicity of heavy metal mixtures in rats // *Toxicology Research.* – 2018. – Vol. 7. – P. 396–407. <https://doi.org/10.1039/c7tx00260b>
246. Satellite-based PM concentrations and their application to COPD in Cleveland, OH / N. Kumar, D. Liang, A. Comellas [et al.] // *Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* – 2013. – Vol. 23. – P. 637–646.



247. Schlesinger, R.B. Biological Disposition of Airborne Particles: Basic Principles and Application to Vehicular Emissions / R.B. Schlesinger // Air Pollution, the Automobile, and Public Health / Editors: Watson AY, Bates RR, Kennedy D. – Washington (DC): National Academies Press (US), 1988.
248. Schrand, Amanda M.; Rahman, Mohammad F.; Hussain, Saber M.; Schlager, John J.; Smith, David A.; Syed, Ali F. (2010-09-01). "Metal-based nanoparticles and their toxicity assessment". Wiley Interdisciplinary Reviews: Nanomedicine and Nanobiotechnology. 2 (5): 544–568. doi:10.1002/wnan.103. ISSN 1939-0041. PMID 20681021.
249. Short-term airborne particulate matter exposure alters the epigenetic landscape of human genes associated with the mitogen-activated protein kinase network: a cross-sectional study / J.J. Carmona, T. Sofer, J. Hutchinson [et al.] // Environ Health. – 2014. – Vol. 13. – P. 94.
250. Silva R.A., West J.J., Lamarque J.F., et al. Future Global Mortality from Changes in Air Pollution Attributable to Climate Change // Nat Clim Chang. – 2017. Vol. 7. – P. 647-51. 10.1038/nclimate3354
251. Soukup, J.M. Soluble components of Utah Valley particulate pollution alter alveolar macrophage function in vivo and in vitro / J.M. Soukup, A.J. Ghio, S. Becker //Inhalation Toxicology. – 2000. – Vol. 12(5). – P. 401–414.
252. Spatial variation of PM elemental composition between and within 20European study areas / M.-Y. Tsai, G. Hoek, M. Eeftens [et al.] // Results of the ESCAPE project. Environ. Int. – 2015. – Vol. 84. – P. 181–192.
253. Spatial variations and land use regression modeling of the oxidative potential of fine particles / A. Yang, M. Wang, M. Eeftens [et al.] // Environ. Health Perspect. – 2015. – Vol. 123. – P. 1187–1192.
254. Stowell J.D., Kim Y.M., Gao Y. et al. The impact of climate change and emissions control on future ozone levels: Implications for human health // Environ Int/ - 2017. - Vol. 108. – P. 41-50. 10.1016/j.envint.2017.08.001
255. The effect of diesel exhaust exposure on blood–brain barrier integrity and function in a murine model / N.S. Heidari, R. Takechi, B.J. Mullins [et al.] // J. Appl.

- Toxicol. – 2015. – Vol. 35(1). – P. 41–47.
256. The effect of particle size on cardiovascular disorders the smaller the worse / U. Franck, S. Odeh, A. Wiedensohler [et al.] // *Science of the Total Environment*. – 2011. – Vol. 409(20). – P. 4217–4221.
257. The effects of outdoor air pollution on the respiratory health of Canadian children: A systematic review of epidemiological studies / L.A. Rodriguez-Villamizar, A. Magico, A. Osornio-Vargas [et al.] // *Can. Respir. J.* – 2015. – Vol. 22(5). – P. 282–292.
258. The impact of multi-walled carbon nanotubes with different amount of metallic impurities on immunometabolic parameters in healthy volunteers / T.I. Vitkina, V.I. Yankova, T.A. Gvozdenko [et al.] // *Food Chem. Toxicol.* – 2016. – Vol. 87. – P. 138–147.
259. The macrophage scavenger receptor SR-AI/II and lung defense against pneumococci and particles / M.S. Arredouani, Z. Yang, A. Imrich [et al.] // *American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology*. – 2006. – Vol. 35. (4). – P. 474–478.
260. The occurrence of polycyclic aromatic hydrocarbons and their derivatives and the proinflammatory potential of fractionated extracts of diesel exhaust and wood smoke particles / A.I. Totlandsdal, J. Øvrevik, R.E. Cochran [et al.] // *J. Environ. Sci. Health. Part A, Tox. / Hazard Subst. Environ. Eng.* – 2014. – Vol. 49(4). – P. 383–396.
261. The thioredoxin system in breast cancer cell invasion and migration / M. Bhatia, K.L. McGrath, G. Di Trapani [et al.] // *Redox Biology*. – 2016. – Vol. 8. – P. 68–78.
262. Time course of pulmonary burden in mice exposed to residual oil fly ash / G.M. Carvalho, L.K. Nagato, S.S. Fagundes [et al.] // *Front. Physiol.* – 2014. – Vol. 5. – P. 366.
263. Urban air pollution, climate and its impact on asthma morbidity / L.V. Veremchuk, V.I. Yankova, T.I. Vitkina [et al.] // *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. – 2016. – Vol. 6(1). – P. 76–79.

264. Valavanidis, A. Airborne particulate matter and human health: Toxicological assessment and importance of size and composition of particles for oxidative damage and carcinogenic mechanisms / A. Valavanidis, K. Fiotakis, T. Vlachogianni // *J. Environ. Sci. Health. Part C, Environ. Carcinog. Ecotoxicol. Rev.* – 2008. – Vol. 26. – P. 339–362.
265. Van Oss H., Padovani A.C. Cement manufacture and the environment: part I: chemistry and technology // *J Ind Ecol.* – 2002. – Vol. 6(1). – P. 89–105. doi: 10.1162/108819802320971650.
266. Weichenthal, S. Obesity and the cardiovascular health effects of fine particulate air pollution / S. Weichenthal, J.A. Hoppin, F. Reeves // *Obesity.* – 2014. – Vol. 22. – P. 1580–1589.
267. WHO (2010) WHO human health risk assessment toolkit: chemical hazards. IPCS harmonization project document; no.8. Geneva; World Health Organization (<http://www.who.int/ipcs/publications/methods/harmonization/toolkit.pdf?ua=1>)
268. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen, dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment. (WHO/SDE/PHE/OEN/06/02) [Электронный ресурс]. // WHO. -2006/22 p. URL.:[http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69477/1/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEN\\_06.02\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69477/1/WHO_SDE_PHE_OEN_06.02_eng.pdf) (дата обращения 07.05.2021).
269. Wyzga, R.E. Long-term particulate matter exposure: attributing health effects to individual PM components / R.E. Wyzga, A.C. Rohr // *J. Air Waste Manage Assoc.* – 2015. – Vol. 65(5). – P. 523–543.
270. Xiang J., Weschler C.J., Wang Q. et al. Reducing Indoor Levels of "Outdoor PM<sub>2.5</sub>" in Urban China: Impact on Mortalities // *Environ Sci Technol* 2019. – 53. – P. 3119-27.
271. Zeleke Z.K., Moen B.E., Bråtveit M. Lung function reduction and chronic respiratory symptoms among workers in the cement industry: A follow up study // *BMC Pulm Med* // 2011. – Vol. 11. – P. 50. <https://doi.org/10.1186/1471-2466-11-50> PMID:22067264 PMCID: PMC3247867.

272. Zhang J.J., Adcock I.M., Bai Z., Chung K.F. et al. Health effects of air pollution: what we need to know and to do in the next decade // *J Thorac Dis.* – 2019. – Vol. 11(4)/ - P. 1727-1730. doi: 10.21037/jtd.2019.03.65. PMID: 31179119; PMCID: PMC6531724.
273. Zhang J. Low-Level Air Pollution Associated With Death: Policy and Clinical Implications // *JAMA.* – 2017. – Vol. 318. - P. 2431-2. 10.1001/jama.2017.18948
274. Zhang Y., Wang J., Chen L. et al. Ambient PM<sub>2.5</sub> and clinically recognized early pregnancy loss: A case-control study with spatiotemporal exposure predictions // *Environ Int.* – 2019. – Vol. 126. – P. 422-9.

## Приложение 1

## Фоновые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе в районе размещения ОАО «Искитимцемент»

Наименование вещества, CAS (код)	Фоновые концентрации (мр или сс), мг/м <sup>3</sup> (C/RFC)	ПДКсс, мг/м <sup>3</sup>
Взвешенные вещества	0,24 (3,3)	0,15
Диоксид серы	0,01 (0,52)	0,05
Оксид углерода	3,0 (1)	3,0
Диоксид азота	0,07 (1,75)	0,04
Оксид азота	0,05 (0,83)	0,06
Сажа	0,10 (2)	0,05
Бензол	0,006 (0,2)	0,2 (м.р.)
Марганец	$9.5 \cdot 10^{-7}$ (0,019)	0,001

**РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ**



**СВИДЕТЕЛЬСТВО**  
о государственной регистрации базы данных  
**№ 2021621027**

**«База данных по содержанию пыли, рН, макро- и микроэлементов в снежном покрове в районе Искитимского цементного завода, Новосибирская область»**

Правообладатели: *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук (ИВМ и МГ СО РАН) (RU), Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Новосибирский национальный исследовательский государственный университет" (НГУ) (RU), Федеральное бюджетное учреждение науки "Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены" Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (ФБУН "Новосибирский НИИ гигиены" Роспотребнадзора) (RU)*

Авторы: *см. на обороте*

Заявка № **2021620907**  
Дата поступления **14 мая 2021 г.**  
Дата государственной регистрации  
в Реестре баз данных **20 мая 2021 г.**

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

  
**Г.П. Ивлиев**

