

**ЩЕРБАТОВ АЛЕКСАНДР ФЕДОРОВИЧ**

**Гигиеническая оценка воздействия загрязнений приземных слоев  
атмосферы цементной пылью на здоровье населения**

14.02.01 - Гигиена

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание учёной степени  
кандидата медицинских наук

Новосибирск  
2022

Работа выполнена в Федеральном бюджетном учреждении науки «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

**Научный руководитель**

доктор медицинских наук,  
профессор

**Новикова Ирина Игоревна**

**Официальные оппоненты:**

доктор медицинских наук, профессор **Ефимова Наталья Васильевна**  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», лаборатория эколого-гигиенических исследований, ведущий научный сотрудник

доктор медицинских наук

**Шарухо Галина Васильевна**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра гигиены, экологии и эпидемиологии, профессор

**Ведущая организация:**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет) Министерства здравоохранения Российской Федерации

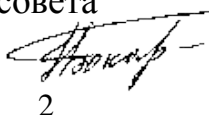
Защита состоится «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 года в \_\_\_\_\_ часов на заседании диссертационного совета Д 208.072.06 на базе ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России по адресу: 117997 г. Москва, ул. Островитянова, д.1

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России по адресу: 117997 г. Москва, ул. Островитянова, д.1 и на сайте <http://rsmu.ru>

Автореферат разослан «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022г.

Ученый секретарь диссертационного совета

доктор медицинских наук, доцент



Бокарева Наталия Андреевна

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность темы исследования.**

Значительная часть экологических проблем, имеющих техногенное происхождение, обусловлена деятельностью промышленных городов. Загрязняя окружающую среду, промышленные центры порождают проблемы локального, регионального и глобального уровней (А.Ю. Попова, Н.В. Зайцева, И.В. Май, 2019). 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 (Ю.П. Гичев, 2002; В.Б. Гурвич, 2004; Н.В. Зайцева, И.В. Май, 2021).

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 (В.Н. Ракитский, С.Л. Авалиани, С.М. Новиков, 2019).

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 (Ю.А. Рахманин, О.О. Сеницина, 2004). Следовательно, их недоучет может послужить причиной искусственного занижения риска (М.Ф. Савченков, 2006; Н.В. Ефимова, 2014). Действующая система социально-гигиенического мониторинга также не решает эти проблемы, а только констатирует их наличие (Г.Г. Онищенко, Е.Н. Беляев, 2006).

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, расчету значений популяционных рисков неканцерогенных эффектов, прогнозу эффективности реализуемых профилактических мероприятий.

### **Степень разработанности темы исследования.**

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, О.О. Сенициной, Н.В. Зайцевой, И.В. Май, В.Б. Гурвича, В.Б. Колядо, Р.С. Гильденскиольда, М.Л. 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.

### **Задачи исследования.**

1. Дать гигиеническую оценку загрязнений атмосферного воздуха в г. Искитим.

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

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

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

5. Дать научное обоснование модели профилактики нарушений здоровья населения, проживающего в условиях воздействия цементной пыли.

### **Новизна исследования.**

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,

---

<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».

астма и астматический статус, хронические болезни миндалин, заболевания верхних дыхательных путей.

В эксперименте определены значения ориентировочных безопасных уровней воздействия для цементной пыли, 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). 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 формировании 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 занимают болезни органов дыхания, второе место – болезни эндокринной системы, третье место – болезни системы кровообращения. Для возрастной группы «18 лет и старше» первое ранговое место – болезни системы кровообращения, второе – болезни эндокринной системы, третье – болезни органов дыхания.

Научно обоснована возможность использования малопараметрических моделей оценки загрязнения атмосферного воздуха по результатам загрязнения проб снегового покрова.

Установлены показатели вероятности дополнительных обращений населения за медицинской помощью в дополнение к фоновому уровню, обусловленные загрязнением атмосферного воздуха цементной пылью, составившие: в возрастной группе «0-14 лет»  $1,2 \cdot 10^{-1}$ ; «15-17 лет» -  $1,6 \cdot 10^{-1}$ ; «18 лет и старше» -  $2,6 \cdot 10^{-1}$ .

### **Теоретическая и практическая значимость работы.**

Предложена инновационная модель профилактики нарушений здоровья населения, обусловленных 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 в снеговой покров веществ, загрязняющих атмосферный воздух, 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 2021года).

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 неканцерогенного 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 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 на 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 на 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.

### **Личный вклад автора в получение научных результатов, изложенных в диссертации.**

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.

Работа выполнена в соответствии с планом НИР ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора.

### **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)».

### **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 Республике 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.

### **Степень достоверности и апробация результатов исследования.**

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.

**Основные положения 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» (Новосибирск, 2019); 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), на 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).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 10 научных работ, в том числе 5 статей в научных журналах, в том числе 4 - в изданиях, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

Уровень внедрения – региональный. Формы внедрения – публикации в научной печати, выступления на научных конференциях, использование результатов исследования в территориальных органах Роспотребнадзора и в учебном процессе.

#### **Структура и объем 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.

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** изложены актуальность темы, цель и задачи исследования, определены основные положения, выносимые на защиту, описаны данные об апробации и внедрении результатов исследования.

**В первой главе** представлены данные анализа ранее опубликованных работ по теме диссертации, в том числе отражены вопросы гигиенических основ нормирования и оценки загрязнения атмосферного воздуха, влияния загрязнений приземных слоев атмосферы цементной пылью, дан обзор результатов исследований международной и отечественной практики по оценке влияния загрязнений воздушной среды поллютантами антропогенного происхождения на здоровье населения.

**Во второй главе** представлена информация об объектах исследования, периоде наблюдения, материалах и методах исследования.

Объекты исследования – здоровье населения, свойства цементной пыли; лабораторные животные (белые мыши, крысы). Период наблюдения 2010-2019 гг.

В качестве материалов исследования использовались документы территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Новосибирской области: данные о численности населения ( $n=10$ ); материалы



Федерального государственного бюджетного учреждения «Западно-Сибирское управление 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); о результатах мониторинга загрязнения 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 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 (n=1), материалы литературных источников о результатах научных исследований (n=274) в т.ч. 161 зарубежного источника по изучаемой теме.

Работа осуществлялась в соответствии с разработанным дизайном исследования и включала мониторинговый, экспериментальный и аналитический этапы исследования (рис.1).

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

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». 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: идентификации опасности, оценки экспозиции, оценки зависимости «доза-ответ», характеристики риска. Моделирование максимальных разовых 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.

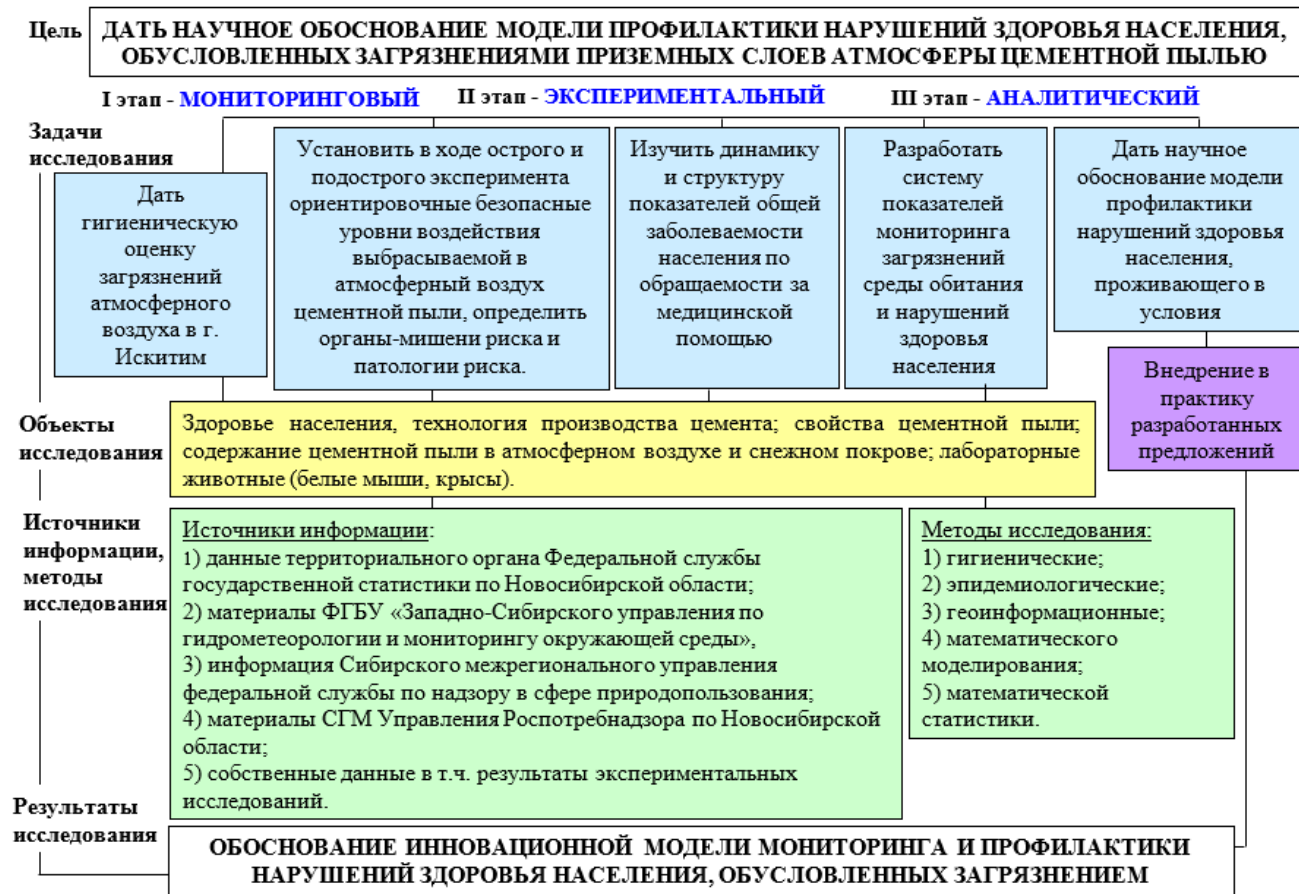


Рисунок 1 – Программа исследований

Для расчета осредненных за длительный период (год, сезон) концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе использовались расчетные модули «Средние», «Риск» УПРЗА «ЭКОЛОГ», версия 4.6 Фирмы "ИНТЕГРАЛ". При расчетах приземных концентраций использовался метео-файл, учитывающий розу ветров, температуру воздуха в зимний и летний периоды, особенности рельефа, режим работы ОАО «Искитимцемент». 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. С целью методической проработки интерпретации значений неканцерогенного риска в работе также использовались расчеты относительного, непосредственного и атрибутивного рисков, что позволило определить значения группового неканцерогенного риска в показателях вероятности дополнительного

к фоновому уровню количества обращений за медицинской помощью в течение года по патологиям риска.

В основу расчетного способа математической модели рассеивания веществ, загрязняющих атмосферный воздух, 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 позволило 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. Расчет оценки полей концентрации полидисперсных примесей в заданном радиальном направлении от источника проводился 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 проб снега. Расчётные процедуры осуществлялись с помощью специально разработанного программного комплекса, предназначенного для решения задач, связанных с расчётами аэрозольных выпадений загрязняющей примеси в окрестности площадного (стационарного) источника выбросов в зимний период.

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.). 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).

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 эпидемиологический риск 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 уровень принималась средняя величина из трех минимальных значений по каждому из рассматриваемых видов патологий. Полученные прогнозные фоновые значения использовались для определения показателей относительного эпидемиологического риска.

Накопление, корректировка, систематизация, статистический анализ исходной информации и визуализация полученных результатов проводились 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 проводилась с использованием метода Шапиро-Уилки, проверка гипотез о равенстве генеральных дисперсий - 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. 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.

**В третьей главе** отражены особенности климатогеографических факторов г. Искитим Новосибирской области, определяющие закономерности

распределения выбросов цементного завода на селитебной территории, прилегающей к границе санитарно-защитной зоны ОАО «Искитимцемент», дана характеристика г. Искитима, как промышленного центра, приведена сравнительная характеристика заболеваемости населения территории «наблюдения» - г. Искитим и «контрольной» территории – г. Бердск.

Г. Искитим - типичный промышленный центр с небольшой численностью населения (менее 100 тыс. чел.). Основные градообразующие предприятия – цементный завод, завод асбесто-цементных изделий, комбинат строительных материалов, камнеобрабатывающий завод, два завода железобетонных изделий, асфальтный завод, известняковый карьер. Территория промышленного назначения составляет 18,6%. Климат континентальный, характеризуется суровой и длительной зимой, сильными ветрами с преобладанием ветров южного и юго-западного направлений, снежный покров сохраняется в среднем 161 день в году, высота снежного покрова зимой составляет в среднем около 37 см.

Суммарные валовые выбросы в атмосферный воздух за 2010-2019 гг. составляли от 12,0 до 19,5 тыс. тонн. Выбросы ОАО «Искитимцемент» в суммарной структуре выбросов составляли 14,2-47,2%.

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.

**В четвертой главе** дана гигиеническая оценка технологии производства цемента на ОАО «Искитимцемент» и эффективности работы очистных сооружений, приведены результаты оценки риска здоровью от загрязнений атмосферного воздуха выбросами ОАО «Искитимцемент», результаты экспериментального изучения параметров токсикометрии пыли цемента.

ОАО «Искитимцемент» - предприятие, выпускающее цемент разных марок мокрым способом. В состав предприятия входят горный цех, сырьевой цех, цех обжига, цех помола и погрузочная зона. На территории предприятия 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» определено, что 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. 2). 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.

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 частиц размером от 50 до 150 мкм - на расстоянии 1,0 км от промышленной площадки. Для частиц размером от 10 до 50 мкм на расстоянии от 0,5 до 1,5 км от площадного источника эффективность повышается от 99,91 до 99,96%; размером от 2,5 до 10 мкм - от 99,01 до 99,30%; размером до 2,5 мкм - от 81,96 до 88,20%. Это приводит к выраженному изменению структуры пыли цемента по размерам частиц в зависимости от удаления от площадного источника выброса (рис.3).

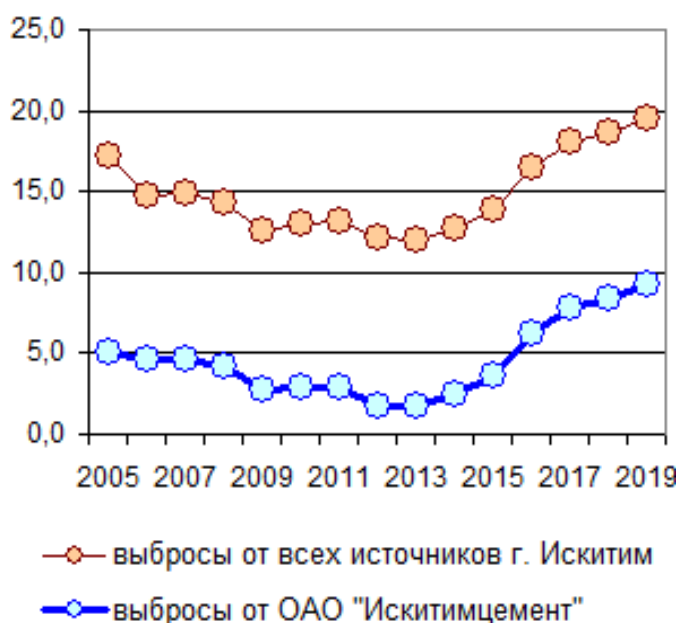


Рисунок 2 - Динамика валовых выбросов в атмосферный воздух в тыс. тонн за 2005 - 2019 гг. (по данным ф. 2-ТП воздух)

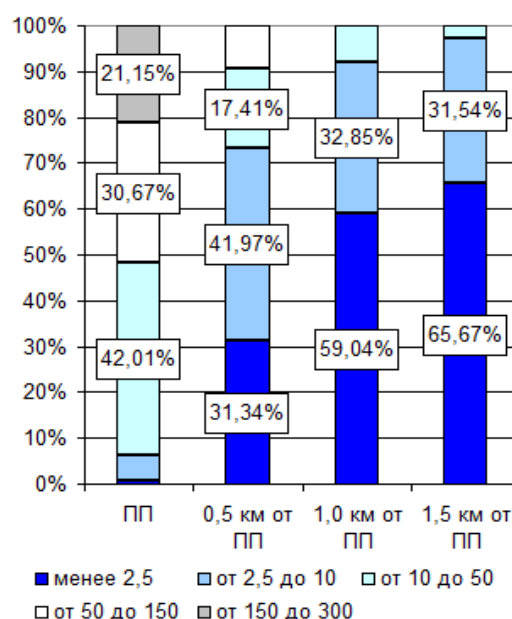
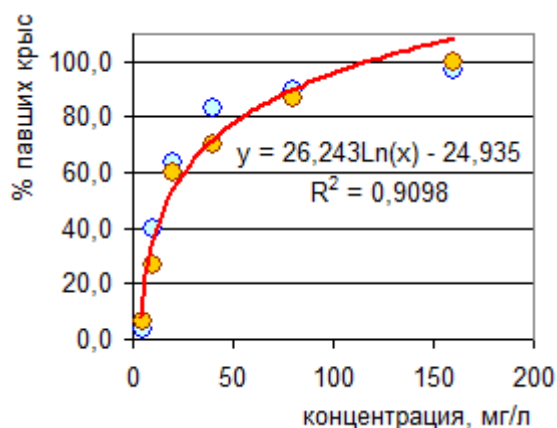


Рисунок 3 – Структура пыли цемента по размерам частиц в зависимости от удаления от ПП (промплощадки)

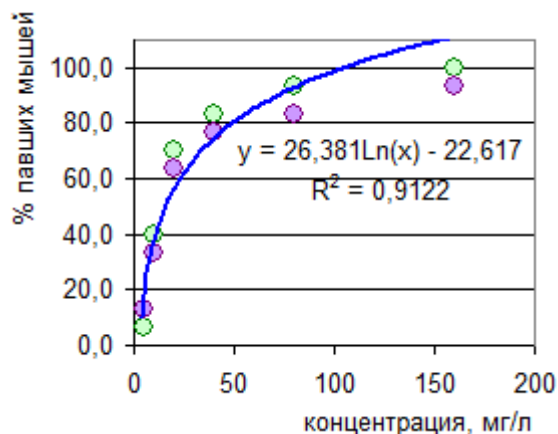
В ходе последовательной реализации этапов оценки риска от загрязнений атмосферного воздуха выбросами ОАО «Искитимцемент» были установлены органы-мишени неканцерогенного риска (органы дыхания, кровь, иммунная,

центральная нервная и эндокринная система, система кровообращения). Установлено, что состав цементной пыли, недостаточно улавливаемой очистными сооружениями, включает  $\text{CaO}$  (62-67%),  $\text{SiO}_2$  (17-25%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (3-8%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (0,1-5%),  $\text{MgO}$  (1-2%),  $\text{Cr}^{6+}$  (1-2%),  $\text{Ni}$  (0,5-2%) и представлен частицами 2,5-10 мкм.

В ходе экспериментального этапа работы была дополнена информация о токсикометрических свойствах цементной пыли (рис.4-7). 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>, что соответствовало третьему классу опасности химических соединений.

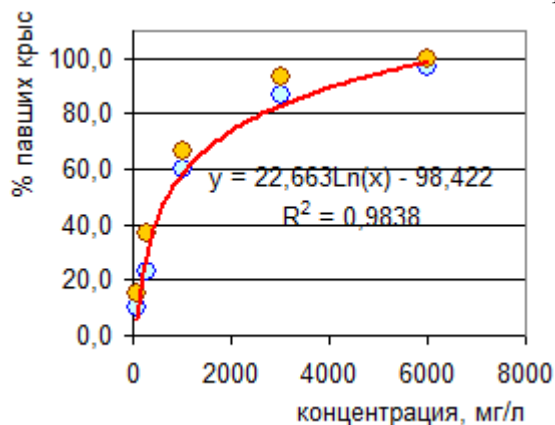


а) белые крысы (самки)

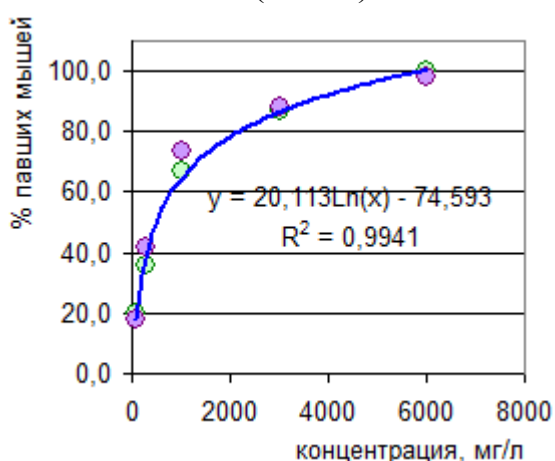


б) белые мыши (самки)

Рисунок 4 -Зависимость «концентрация – эффект» в остром опыте при ингаляционной затравке белых мышей (самок)



а) белые крысы (самки)



б) белые мыши (самки)

Рисунок 5 -Зависимость «концентрация – эффект» в остром опыте при ингаляционной затравке белых мышей (самок)



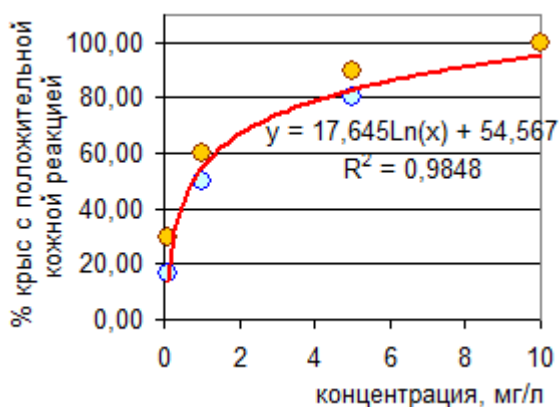


Рисунок 6 -Зависимость «концентрация – эффект» в подостром опыте кожно-раздражающего действия пыли цемента (на самцах белых крыс)

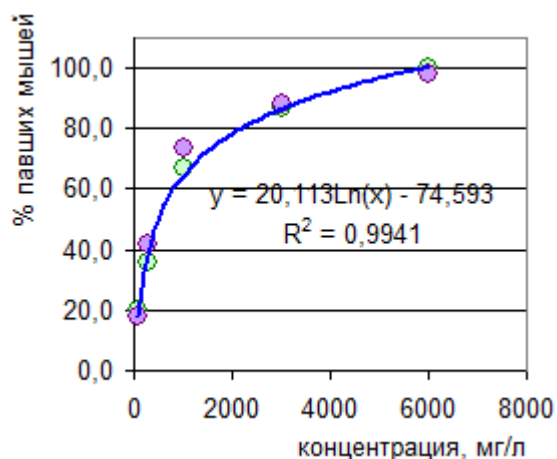


Рисунок 7 - Зависимость «концентрация – эффект» в опыте на гиперчувствительность пыли цемента (на самцах белых крыс)

**В главе 5** представлена информация о результатах использования малопараметрических методов описания процессов распространения примесей, загрязняющих атмосферный с применением математического моделирования по их содержанию в снеговом покрове, дана характеристика дополнительных к фоновому количеству обращений за медицинской помощью населения г. Искитима, обусловленных выбросами в атмосферный воздух ОАО «Искитимцемент», дано обоснование инновационной модели мониторинга загрязнений атмосферного воздуха и разработки профилактических мероприятий, снижающих риски здоровья населения.

Для 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 (В.Ф. Рапута, 2015). Всего было исследовано 15 проб снега, отобранных в соответствии со схемой отбора проб. Согласие расчётов с данными наблюдений в контрольных точках было вполне удовлетворительным (рис.8).



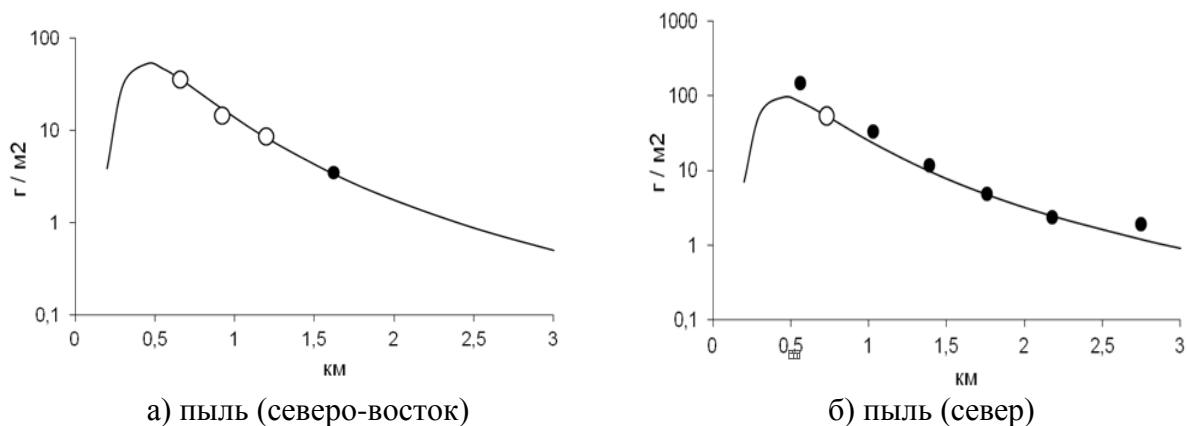


Рисунок 8 - Измеренная и вычисленная концентрация пыли в пробах снега;  
○, ● - опорные и контрольные точки измерений

Максимальные выпадения неорганической пыли находились в пределах 1,5 км, что указывало на разнородность дисперсионного состава оседающих частиц. Вынос пыли в зимнее время в северо-западном направлении был преобладающим. Суммарная концентрация всех исследованных химических веществ и соединений имела тенденцию к снижению концентрации с увеличением расстояния от ОАО «Искитимцемент», повторяя выявленные закономерности распределения загрязняющих веществ в приземных слоях атмосферы и накопления в изучаемом природном ландшафте (рис.9).

Полученные закономерности позволили определить величину суммарного выпадения неорганической пыли за зимний период от выбросов в атмосферу на разном (заданном) расстоянии от цементного производства, смоделировать восстановленные поля плотности выпадений неорганической пыли (г/м²) в окрестностях Искитимского цементного завода (рис.10). Установлено, что на данной территории проживает 6 888 человек, из них 1 483 ребенка. На территории расположено 3 дошкольных организации (их посещает 353 ребёнка) и 2 общеобразовательные организации (802 ребенка).

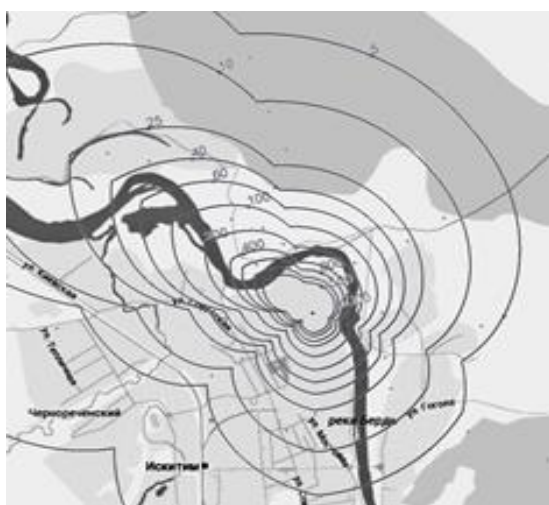


Рисунок 9 - Восстановленное



Рисунок 10 - Карта-схема размещения

поле плотности выпадений  
неорганической пыли (г/м<sup>2</sup>) в  
окрестностях ОАО  
«Искитимцемент»

объектов (детских садов и школ) в зоне  
повышенной плотности выпадений  
неорганической пыли от АО  
«Искитимцемент»

Таблица 1 - Вероятность обращений населения территории наблюдения за медицинской помощью по прогнозу заболеваний в течение года, обусловленных выбросами ОАО «Искитимцемент» (популяционные риски)

Классы болезней	Возрастная группа		
	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	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$7,0 \cdot 10^{-2}$
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:	$1,2 \cdot 10^{-1}$	$1,6 \cdot 10^{-1}$	$2,6 \cdot 10^{-1}$

В структуре дополнительных случаев обращений за медицинской помощью 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» -  $2,6 \cdot 10^{-1}$  (табл.1). Полученные результаты были заложены в основу инновационной модели мониторинга и профилактики нарушений здоровья населения (рис.11).

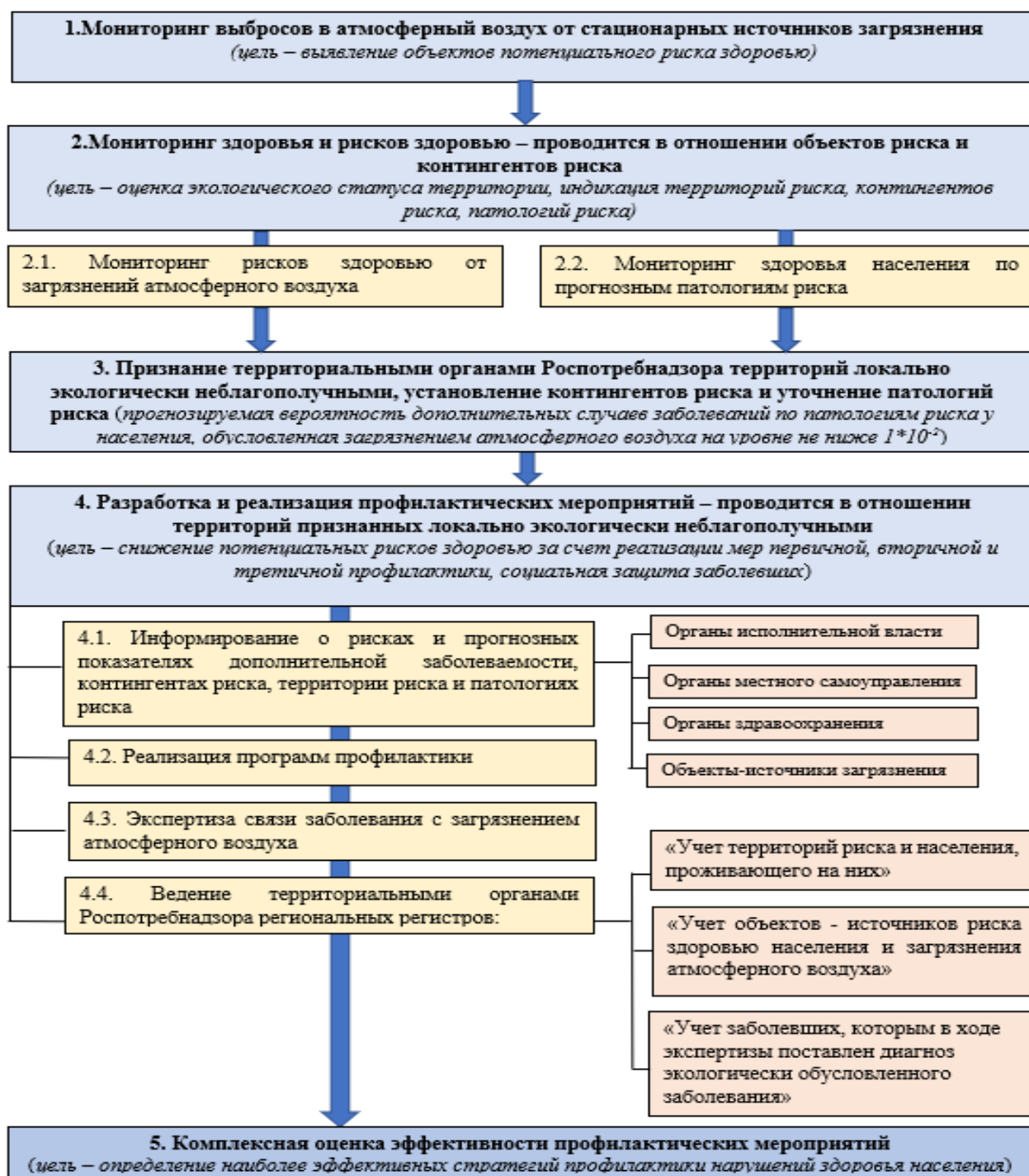


Рисунок 11 - Инновационная модель мониторинга нарушений здоровья населения, обусловленных загрязнением атмосферного воздуха

## 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  $0,41 \text{ мг/м}^3$  и перорального -  $0,12 \text{ мг/л}$ . Расчетно установленное значение ПДК<sub>мр</sub> для пыли цемента составило  $0,14 \text{ мг/м}^3$ , ПДК<sub>сс</sub> -  $0,087 \text{ мг/м}^3$ .

4. На условно грязной территории (г. Искитим), в сравнении с условно чистой территорией (г. Бердск) отмечались более высокие значения среднесноголетних показателей общей заболеваемости ( $p \leq 0,05$ ) у детей (0-14 лет) - по болезням кроветворных органов, эндокринной системы и болезней кровообращения, острых заболеваний нижних дыхательных путей, по астме и астматическому статусу, аллергическому риниту; у подростков (15-17 лет) – по новообразованиям, 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 – по новообразованиям, 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 в окрестностях Искитимского цементного завода, определено, что на данной территории проживает 6888 человек, из них 1483 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 снежным покровом рекомендовать проведение лабораторных исследований снежного 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 РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Новикова, И.И. Интегративные подходы к организации мониторинга здоровья детей в современных условиях / И.И. Новикова, Ю.В. Ерофеев, А.Ф. Щербатов и др. // Вести МАНЭБ в Омской области. - 2014. - № 2 (5). - С. 21-24.
2. Щербатов, А.Ф. Оценка загрязнения атмосферного воздуха пылью по данным снегосъёмки на основе реконструкции полей выпадений / А.Ф. Щербатов, В.Ф. Рапута, В.В. Турбинский, Т.В. Ярославцева // **Анализ риска здоровью**. - 2014. - № 2. - С. 42-47.
3. Щербатов, А.Ф. Мониторинг загрязнения снежного покрова в районе Искитимского цементного завода / А.Ф. Щербатов, В.Ф. Рапута, В.В. Турбинский и др. // Интерэкспо Гео-Сибирь. - 2014. - Т. 4. - № 1. - С. 163-168.
4. Щербатов, А.Ф. Ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) в атмосферном воздухе населенных мест пыли цемента ОАО "Искитимцемент" из известняков и глинистых сланцев Чернореченского месторождения / А.Ф. Щербатов, А.В. Молокоедов, А.С. Огулов, Г.А. Коротаева и др. // **Здоровье населения и среда обитания**. 2017. - № 5 (290). - С. 24-28.
5. Ерофеев, Ю.В. Гигиеническая оценка загрязнений атмосферного воздуха цементной пылью / Ю.В. Ерофеев, В.В. Турбинский, А.Ф. Щербатов, И.И. Новикова // Национальные приоритеты России. - 2017. - № 4 (26). - С. 189-192.
6. Щербатов, А.Ф. Характеристика состояния здоровья детей под воздействием выбросов цементного производства / А.Ф. Щербатов, О.Д. Турбинская // Материалы межрегиональной научно-практической конференции, посвященной 55-летию медико-профилактического факультета КемГМУ, Кемерово, 1-2 ноября 2018 г. – Кемерово: КемГМУ, 2018. - С. 94-104.
7. Щербатов, А.Ф. Влияние загрязнений атмосферного воздуха цементной пылью на здоровье детей как гигиеническая проблема / А.Ф. Щербатов, И.И. Новикова, Ю.В. Ерофеев, В.Ф. Рапута // Современные проблемы гигиены, токсикологии и медицины труда: материалы научно-практической конференции с международным участием, Новосибирск, 27-28 февраля 2020 г. - Омск, 2020. - С. 321-327.
8. Савченко О.А. Военная гигиена / О.А. Савченко, И.И. Новикова, А.Ф. Щербатов и др.: Учебное пособие. - Омск: Изд-во ОмГА, 2021. - 180 с.
9. Щербатов, А.Ф. Сравнительная характеристика заболеваемости населения на территориях с наличием и отсутствием источников загрязнения атмосферного воздуха цементной пылью / А. Ф. Щербатов, И. И. Новикова, Г.П. Ивлева // **Медицина труда и экология человека**. – 2021. - № 3. – С. 44-61.
10. Новикова, И.И. Гигиеническое обоснование инновационной модели профилактики нарушений здоровья населения в условиях воздействия цементной пыли / И.И. Новикова, А. Ф. Щербатов, В.Н. Михеев, А.В. Сорокина, Н.А. Зубцовская // **Медицина труда и экология человека**. – 2021. - № 3. – С. 76-95.