

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
РЕСПУБЛИКАНСКОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ГИГИЕНЫ»

УДК 614.71:543.275.3]:614.8.026.1

**ПРОСВИРЯКОВА  
ИННА АНАТОЛЬЕВНА**

**ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО  
ВОЗДУХА МЕЛКОДИСПЕРСНЫМИ ТВЕРДЫМИ ЧАСТИЦАМИ  
КАК ФАКТОРА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени кандидата  
медицинских наук

по специальности 14.02.01 – гигиена

Минск, 2018

Работа выполнена в республиканском унитарном предприятии «Научно-практический центр гигиены»

**Научный руководитель:** **Шевчук Лариса Михайловна**,  
кандидат медицинских наук, доцент,  
доцент кафедры радиационной медицины и  
экологии учреждения образования  
«Белорусский государственный медицинский  
университет»

**Официальные оппоненты:** **Федорович Сергей Владимирович**,  
доктор медицинских наук, профессор,  
главный научный сотрудник лаборатории  
комплексных проблем гигиены пищевых  
продуктов республиканского унитарного  
предприятия «Научно-практический центр  
гигиены»

**Семенов Игорь Павлович**,  
кандидат медицинских наук, доцент,  
заведующий кафедрой гигиены труда  
учреждения образования «Белорусский  
государственный медицинский университет»

**Оппонирующая организация:** Государственное учреждение образования  
«Белорусская медицинская академия  
последипломного образования»

Защита состоится «16» января 2019 г. в 14<sup>00</sup> часов на заседании совета по защите диссертаций Д 03.01.01 при республиканском унитарном предприятии «Научно-практический центр гигиены» по адресу: 220012, г. Минск, ул. Академическая, д. 8, e-mail: [rspch@rspch.by](mailto:rspch@rspch.by), факс: 8(017) 284-03-45, телефон ученого секретаря: 8(017) 284-13-79.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены».

Автореферат разослан «    » декабря 2018 г.

Ученый секретарь  
совета по защите диссертаций,  
кандидат биологических наук



Т.Д. Гриценко

## ВВЕДЕНИЕ

Всемирной организацией здравоохранения твердые частицы дисперсностью 10 и 2,5 микрон, содержащиеся в атмосферном воздухе, отнесены к значимым факторам влияния загрязнения воздуха на здоровье населения [ВОЗ, 2011, 2013]. Согласно имеющимся эпидемиологическим, клиническим и токсикологическим данным, мелкодисперсные твердые частицы являются причиной ряда патологических процессов в легких, приводят к обострению хронических заболеваний сердечно-сосудистой системы, увеличивая продолжительность госпитализации и рост смертности [Cesaroni, 2014; М. В. Табакаев, 2014; С. А. Pope, 2015].

Содержание суммы твердых частиц, недифференцированных по составу пыль/аэрозоль (далее – TSP), является важным показателем загрязнения атмосферного воздуха. На территории Республики Беларусь вклад твердых частиц в уровень многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха составляет от 7 до 25 %. Твердые частицы входят в пятерку загрязняющих веществ, формирующих до 70 % технологических выбросов. Как показали проведенные исследования, в ряде городов отмечаются превышения гигиенических нормативов содержания в атмосферном воздухе мелкодисперсных твердых частиц [Состояние природной среды Беларуси, 2015]. Вместе с тем, в действующей системе мониторинга уровней загрязнения атмосферного воздуха не предусмотрен производственный контроль технологических выбросов мелкодисперсных твердых частиц. Как результат, недостаточно данных о дисперсности твердых частиц и характере их распространения в атмосфере [П. А. Чеботарев, 2005; Л. М. Шевчук, 2017], отсутствуют данные об их влиянии на состояние здоровья населения.

На проникающую способность твердых частиц в организм человека влияет их дисперсность. Твердые частицы размером до 10 мкм (далее –  $PM_{10}$ ) достигают бронхов и, накапливаясь в тканях легких, вызывают воспалительные процессы. Частицы размером менее 2,5 мкм (далее –  $PM_{2,5}$ ) при вдыхании достигают нижних отделов легких, проникая в кровоток и другие органы человека [В. Z. Simkhovich, 2008; J. D. Kaufman, 2010; А. Ф. Колпакова, 2015].

Разработка эффективных мероприятий по защите населения от воздействия твердых частиц различной дисперсности и обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения требует объективной гигиенической оценки содержания  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  в атмосферном воздухе и их влияния на здоровье населения. Однако в настоящее время отсутствуют критерии оценки степени опасности загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами с учетом их дисперсности и критерии оценки воздействия  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  на здоровье населения с использованием методологии оценки риска, что и определило актуальность проведения исследований в данном направлении.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Связь работы с крупными научными программами и темами

Исследования выполнены в рамках задания 06.01 «Разработать и внедрить систему мониторинга загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на границе санитарно-защитной и жилой зоны» ОНТП «Современные условия жизнедеятельности и здоровьесбережение» № госрегистрации 20130927, 2013-2017 гг., НИОК(Т)Р «Разработать и научно обосновать гигиенические требования и эффективные методы детекции факторов среды обитания человека для обеспечения государственного санитарного надзора» № госрегистрации 20170254, 2017-2018 гг.

**Цель исследования:** обосновать критерии гигиенической оценки степени загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами и их влияния на здоровье населения.

### Задачи исследования:

1. Выполнить гигиеническую оценку уровней загрязнения атмосферного воздуха населенных мест твердыми частицами дисперсностью 10 мкм и 2,5 мкм и определить приоритетные источники их выбросов.

2. Обосновать количественные критерии гигиенической оценки степени загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами с учетом их дисперсного состава и критерии оценки их влияния на здоровье населения.

3. Выявить закономерные количественные связи между уровнями риска здоровью и показателями заболеваемости населения при различной степени загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами дисперсностью 10 мкм и 2,5 мкм.

### Научная новизна работы

Впервые выполнена гигиеническая оценка степени загрязнения атмосферного воздуха населенных мест мелкодисперсными твердыми частицами на основании определения фактических концентраций и моделирования распространности, анализа дисперсного и компонентного состава выбросов, расчета величин комплексных показателей загрязнения атмосферного воздуха, индекса опасности и риска для здоровья населения. Указанное позволило установить приоритетность стационарных источников выбросов промышленных объектов в загрязнении атмосферного воздуха  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$ , значимую их роль в формировании риска острого и хронического действия и обосновать количественные критерии интегральной гигиенической оценки степени загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами с учетом их дисперсности по индексу качества атмосферного воздуха.

Впервые определены уровни риска здоровью населения от воздействия мелкодисперсных твердых частиц, установлены количественные закономерности

и причинно-следственные связи изменений уровней риска острого и хронического действия, индексов опасности для критических органов и систем, показателей заболеваемости детского населения в зависимости от уровней загрязнения атмосферного воздуха  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$ . Обоснованы критерии гигиенической оценки влияния на здоровье населения загрязнения атмосферного воздуха  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$ .

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

1. Приоритетными источниками загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами на исследуемых территориях являются стационарные источники выбросов промышленных предприятий с высокой значимостью  $PM_{2,5}$  по индексу опасности и риску острого действия, что необходимо учитывать в гигиенической оценке опасности загрязнения атмосферного воздуха населенных мест твердыми частицами.

2. Значения индекса качества атмосферного воздуха, отражающие взаимосвязь между величиной выброса твердых частиц и степенью опасности загрязнения атмосферного воздуха, закономерную связь с динамикой показателей общей заболеваемости детского населения, заболеваемости болезнями органов дыхания и острыми респираторными инфекциями верхних дыхательных путей, обоснованы в качестве количественных критериев гигиенической оценки степени загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами.

3. Установленные значения рисков острого и хронического действия  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$ , индексов опасности для критических органов и систем, имеющие однонаправленную динамику и высокую положительную связь с показателями общей заболеваемости, в том числе заболеваемости болезнями органов дыхания детского населения, обоснованы в качестве гигиенических критериев оценки влияния загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами на здоровье населения.

#### **Личный вклад соискателя**

Соискателем лично выполнены исследования, их планирование, организация, статистическая обработка, систематизация и обобщение, а также анализ и интерпретация результатов. Разработка и внедрение нормативных и методических документов проведено в соавторстве. Научное руководство осуществлялось на всех этапах выполнения работ.

#### **Апробация результатов диссертации**

Результаты исследований были доложены и обсуждены на международных научно-практических конференциях: «Здоровье и окружающая среда» (г. Минск, 2014-2017), «Актуальные проблемы безопасности и анализа риска здоровью населения при воздействии факторов среды обитания» (Пермь, 2015), «Профилактическая медицина» (Санкт-Петербург, 2015, 2016), «Сахаровские чтения: экологические проблемы XXI века» (г. Минск, 2015, 2018), на международном Форуме Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружа-

ющей среды «Современные методологические проблемы изучения, оценки и регламентирования факторов окружающей среды, влияющих на здоровье человека» (Москва, 2016), научной сессии БГМУ (Минск, 2015-2018), республиканском семинаре «Новые методы в практике государственного санитарного надзора» (Минск, 2015-2018).

### **Опубликование результатов диссертации**

Результаты диссертационной работы опубликованы в 15 печатных работах (4,38 авторских листа), из них 3 – в научных журналах, 4 – в сборниках научных трудов, 4 – в сборниках материалов международных и республиканских конференций и съездов, 4 – в сборниках тезисов докладов. В рецензируемых научных журналах и сборниках трудов опубликовано 6 статей (2,65 авторских листа), соответствующих пункту 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь.

Утверждены Санитарные нормы и правила, 3 Инструкции по применению (16 актов о внедрении). Получено 3 удостоверения на рационализаторские предложения, подана заявка в ГУ «НЦИС» Республики Беларусь на изобретение № а20160513 от 30.12.2016 г.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа изложена на 141 странице машинописного текста и состоит из введения, аналитического обзора литературы, описания материалов и методов исследования, 3 глав с изложением результатов собственных исследований, заключения, библиографического списка, включающего 228 источников (из них 102 иностранных и 19 авторских). Работа содержит 26 таблиц, 27 рисунков, 3 приложения.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ**

**В первой главе** на основе анализа материалов об источниках загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами, методах их гигиенического нормирования и контроля, данных о влиянии на здоровье население обоснованы направления собственных исследований.

**Вторая глава «Организация, объекты, методы и объем исследования».** Гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами проводилась комплексно с использованием данных о фоновых концентрациях загрязняющих химических веществ (далее – ЗХВ) в атмосферном воздухе 450 территориально-промышленных комплексов, результатов собственных инструментальных замеров на территориях жилой застройки в зонах влияния мобильных и стационарных источников выбросов  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$ , результатов периодического производственного лабораторного контроля и моделирования распространения ЗХВ.

На основании анализа фоновых концентраций ЗХВ определен фоновый уровень загрязнения атмосферного воздуха  $PM_{10}$  и TSP, их вклад в комплексный показатель загрязнения атмосферы, дана оценка риска здоровью населения, обусловленного воздействием фоновых концентраций  $PM_{10}$  и TSP, определены приоритетные территории по содержанию в атмосферном воздухе  $PM_{10}$  и TSP.

Измерения концентраций  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  и TSP на территориях жилой застройки в зонах влияния выбросов мобильных и стационарных источников были выполнены в режиме реального времени методом ближнего рассеивания инфракрасного излучения. Продолжительность измерений и период усреднения при определении максимальных разовых концентраций – 20 минут, регистрация единичных значений – поминутная. Оценка результатов аналитического (лабораторного) контроля проведена в соответствии с Нормативами предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 8.11.2016 № 113. Гигиеническая оценка степени опасности загрязнения воздуха  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  проведена по величине комплексного показателя загрязнения «Р» и индекса качества атмосферного воздуха (далее – «IQA»). «IQA» рассчитывался в соответствии с инструкцией по применению № 002-0315 «Метод гигиенической оценки содержания твердых частиц общей фракции и аэродинамическим диаметром 10 мкм и 2,5 мкм в атмосферном воздухе населенных пунктов» для каждой фракции и суммы твердых частиц по формуле:

$$IQA = ((I_{Hi} - I_{Lo}) \times (C - BP_{Lo}) / (BP_{Hi} - BP_{Lo})) + I_{Lo},$$

где IQA – значение индекса качества атмосферного воздуха;

C – концентрация вещества, мкг/м<sup>3</sup>;

$BP_{Hi}$  – граница категории, большая или равная C;

$BP_{Lo}$  – граница категории, меньше или равная C;

$I_{Hi}$  – значение IQA, соответствующее  $BP_{Hi}$ ;

$I_{Lo}$  – значение IQA, соответствующее  $BP_{Lo}$ .

Значения «IQA» оценивались в зависимости от установленных диапазонов концентраций твердых частиц (таблица 1).

Таблица 1. – Значения индекса качества атмосферного воздуха в зависимости от содержания твердых частиц

Индекс качества атмосферного воздуха	Степень опасности загрязнения атмосферного воздуха	Диапазоны концентраций (мкг/м <sup>3</sup> )		
		$PM_{2,5}$	$PM_{10}$	TSP
0–50	допустимая	0,0–15,4	0,0–50,0	0,0–98,0
51–100	умеренная	15,5–40,4	51,0–150,0	99,0–280,0
101–150	неблагоприятная для чувствительных групп населения*	40,5–65,4	151,0–220,0	281,0–462,0
151–200	неблагоприятная	65,5–150,4	221,0–354,0	463,0–644,0
201–300	очень неблагоприятная	150,5–250,4	355,0–424,0	645,0–770,0
301–500	опасная	250,5–500,4	425,0–604,0	771,0–1100,0

\*– лица с хроническими болезнями органов дыхания, болезнями системы кровообращения, пожилые и дети.

Воздействие на здоровье населения загрязнения атмосферного воздуха  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  изучено на примере предприятия, выбранного из 30 объектов промышленности строительных материалов по следующим характеристикам: месторасположение, вид экономической деятельности, показатель опасности предприятия, значение валового выброса и качественный состав выбросов твердых частиц, степень опасности загрязнения атмосферы. Исследования проводились в период максимальных и минимальных производственных выбросов твердых частиц, которые характеризовались статистически значимыми различиями в уровнях загрязнения атмосферного воздуха. Концентрации мелкодисперсных твердых частиц на исследуемой территории определены на основании моделирования рассеивания выбросов, выполненного с использованием унифицированной программы УПРЗА «Эколог 3.0» (регистрационный номер 01-18-0230). Для верификации результатов моделирования использованы данные производственного лабораторного контроля. Значимость различий между уровнями загрязнения атмосферного воздуха в исследуемые периоды установлена путем расчета t-критерия Стьюдента. Уровень значимости при проверке статистических гипотез принимали равным 0,05.

Анализ общей заболеваемости, в том числе по нозологическим формам детского населения 0-17 лет включительно, проживающего в районе размещения исследуемого предприятия, проведено по данным выкопировки из государственной статистической отчетности Форма 1-дети (Минздрав) за период 2010-2017 гг.

Для оценки вероятности влияния  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  в атмосферном воздухе на показатели заболеваемости населения рассчитаны значения риска острого и хронического действия, индексы опасности для критических органов и систем в соответствии с Инструкцией № 2.1.6.11-9-29-2004 «Оценка риска для здоровья населения от воздействия химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух». Обработка данных проведена с помощью статистического пакета Statistica 10 (серийный номер лицензии ВХХR207F383402FA-V). Методы и объем исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Методы и объем исследований

Методы исследования	Объекты и объем исследований
Санитарно-гигиенический метод	Анализ фоновых концентраций ЗХВ в районе размещения 450 территориально-промышленных комплексов.
	Анализ и оценка стационарных источников выбросов твердых частиц 30 объектов промышленности строительных материалов: <ul style="list-style-type: none"> <li>- градостроительных материалов по обоснованию размещения предприятий, производств и жилой застройки;</li> <li>- технических характеристик источников выбросов твердых частиц в атмосферный воздух;</li> <li>- качественного и количественного состава выбросов;</li> <li>- расчетных и фактических концентраций твердых частиц на прилегающих территориях;</li> <li>- степени опасности загрязнения атмосферного воздуха;</li> <li>- показателя опасности предприятия.</li> </ul>



## Продолжение таблицы 2.

Метод аналитического (лабораторного) контроля	Измерение и анализ концентраций $PM_{10}$ , $PM_{2,5}$ и TSP в режиме реального времени в атмосферном воздухе территорий жилой застройки в зонах влияния выбросов мобильных и стационарных источников выбросов (620 измерений).
Метод математического моделирования	Моделирование распространения мелкодисперсных твердых частиц в приземном слое атмосферы (60 расчетных точек по сетке 2000*2500 м).
Оценка риска здоровью	Оценка риска здоровью населения (6620 человек): - расчет и оценка величины риска острого и хронического действия; - расчет и оценка величины индекса опасности для критических органов и систем.
Эпидемиологический метод	Общая заболеваемость, в том числе по нозологическим формам детского населения в возрасте 0-17 лет включительно (6620 человек) по данным государственной статистической отчетности Форма 1-дети (Минздрав).
Статистические методы	Описательная статистика; анализ соответствия вида распределения признака закону нормального распределения: критерии Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка; сравнение двух независимых групп по изучаемому признаку: t-критерий Стьюдента для независимых выборок, критерии Манна-Уитни и Краскела-Уоллиса. Оценка связи между переменными выполнена по коэффициенту корреляции Пирсона и коэффициенту ранговой корреляции Спирмена.

**Третья глава «Гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха населенных мест твердыми частицами».** Результаты исследований фоновых концентраций ЗХВ в атмосферном воздухе 450 территориально-промышленных комплексов Республики Беларусь показали, что фоновый уровень содержания в атмосферном воздухе  $PM_{10}$  ( $44,1 \pm 0,5$  мкг/м<sup>3</sup>) и TSP ( $80,1 \pm 1,2$  мкг/м<sup>3</sup>) не превышал установленных гигиенических нормативов. На долю  $PM_{10}$ , входящих в состав смеси TSP, приходилось  $55,0 \pm 0,02$  %. Вклад фоновых концентраций твердых частиц в величину комплексного показателя «Р» загрязнения атмосферы, а также в формирование показателей риска здоровью составил более 30 %. Наибольшие значения фоновых концентраций  $PM_{10}$  и TSP в атмосферном воздухе отмечались в 5-ти территориально-промышленных комплексах: г. Кричев, г. Костюковичи, г. Минск, г. Гомель и г. Борисов.

В г. Кричеве и г. Костюковичи Могилевской области максимальные значения фоновых концентраций  $PM_{10}$  и TSP установлены в зонах влияния предприятий промышленности строительных материалов, где фоновые концентрации  $PM_{10}$  и TSP составили соответственно 52 мкг/м<sup>3</sup> и 214 мкг/м<sup>3</sup> и превысили значения фоновых концентраций по Могилевской области ( $44,5$  мкг/м<sup>3</sup> и  $86,5$  мкг/м<sup>3</sup>) и в целом по исследуемым территориям ( $44,1$  мкг/м<sup>3</sup> и  $80,1$  мкг/м<sup>3</sup>). Вклад фоновых концентраций твердых частиц в формирование значения комплексного показателя «Р» загрязнения атмосферы составил 62,6 %, вклад в формирование индекса опасности – 47,5 %.

В г. Минске максимальные фоновые концентрации  $PM_{10}$  и TSP регистрировались на территориях жилой застройки, расположенных преимущественно в зонах влияния предприятий промышленности строительных материалов, а также

предприятий машиностроительного и металлургического профилей, и составили  $73 \text{ мкг/м}^3$  и  $112 \text{ мкг/м}^3$  соответственно, превысив среднегородской фоновый уровень ( $58,7 \text{ мкг/м}^3$  и  $66,1 \text{ мкг/м}^3$ ). Вклад фоновых концентраций твердых частиц в значение комплексного показателя «Р» составил 57,5 %, а в значение индекса опасности – 46,5 %.

Фоновые концентрации  $\text{PM}_{10}$  и TSP в г. Гомеле ( $72 \text{ мкг/м}^3$  и  $144 \text{ мкг/м}^3$ ) и в г. Борисове ( $55 \text{ мкг/м}^3$  и  $116 \text{ мкг/м}^3$ ) формировались преимущественно за счет влияния выбросов мобильных источников превысив фоновые концентрации по Гомельской ( $42,2 \text{ мкг/м}^3$  и  $86,5 \text{ мкг/м}^3$ ) и Минской ( $40,8 \text{ мкг/м}^3$  и  $83,1 \text{ мкг/м}^3$ ) областям. Вклад фоновых концентраций  $\text{PM}_{10}$  и TSP в формирование значения комплексного показателя «Р» и индекса опасности составил 56,7 % и 46,1 % в г. Гомеле, 43,8 % и 37,6 % – в г. Борисове соответственно [3, 11, 14].

Результаты измерения концентраций твердых частиц позволили установить, что на территории жилой застройки в зоне влияния стационарных источников выбросов промышленных предприятий максимальные разовые концентрации  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  и TSP достоверно выше, чем в зоне влияния мобильных источников ( $t=2,1-5,3$ ,  $p<0,05$ ) и «условно-чистой» жилой зоне ( $t=4,8-15,9$ ,  $p<0,05$ ). Превышение предельно допустимой максимальной разовой концентрации (далее – ПДК<sub>м.р.</sub>) установлено в зоне влияния стационарных источников выбросов по содержанию  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  и TSP в 2,0, 2,7 и 1,7 раза, соответственно, а в зоне влияния мобильных источников по содержанию  $\text{PM}_{2,5}$  в 1,5 раза.

Загрязнение атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами характеризовалось «умеренной» степенью в зоне влияния стационарных источников выбросов (показатель «Р»= $3,4\pm 0,1$ ), «слабой» степенью – в зоне влияния мобильных источников (показатель «Р»= $1,7\pm 0,03$ ) и «допустимой» степенью – в «условно-чистой» жилой зоне (показатель «Р»= $0,4\pm 0,01$ ). Анализ дисперсного состава твердых частиц показал, что наибольший вклад в формирование концентраций TSP вносят  $\text{PM}_{10}$  (54–58 %), вклад  $\text{PM}_{2,5}$  составлял 32–40 % [1, 2, 4, 5, 9, 12].

Для оценки влияния загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами на здоровье населения с использованием методологии оценки риска определены значения индекса опасности и риска острого действия  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  и TSP (таблица 3). Установлено, что в зоне влияния стационарных источников выбросов значения индексов опасности и риска острого действия  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  и TSP статистически значимо выше, чем в зоне влияния мобильных источников и в «условно-чистой» жилой зоне ( $t=2,1-6,8$ ,  $p<0,05$ ). Также определено, что значения индекса опасности и риска острого действия  $\text{PM}_{2,5}$  достоверно выше аналогичных показателей риска здоровью, обусловленного действием  $\text{PM}_{10}$  ( $t=12,7-18,6$ ,  $p<0,05$ ).

Таблица 3. – Индекс опасности и риск острого действия  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ , TSP на исследуемой территории,  $M \pm m$

Показатель	Исследуемая территория		
	Зона влияния мобильных источников	Зона влияния стационарных источников	«Условно-чистая» жилая зона
Риск острого действия $PM_{10}$ , %	$0,5 \pm 0,1$	$10,8 \pm 0,1^3$	$0,0003 \pm 0,00005$
Риск острого действия $PM_{2,5}$ , %	$4,2 \pm 0,3^1$	$23 \pm 1^{1,3}$	$0,0024 \pm 0,0003^1$
Риск острого действия TSP (без учета/с учетом дисперсности), %	$\frac{0,4 \pm 0,1}{4,7 \pm 0,3^2}$	$\frac{6,8 \pm 1,0^3}{34 \pm 1^{2,3}}$	$\frac{0,0001 \pm 0,00005}{0,0027 \pm 0,0003^2}$
Индекс опасности $PM_{10}$	$0,86 \pm 0,02$	$1,99 \pm 0,01^3$	$0,26 \pm 0,01$
Индекс опасности $PM_{2,5}$	$1,46 \pm 0,03^1$	$2,7 \pm 0,1^{1,3}$	$0,34 \pm 0,01^1$
Индекс опасности TSP (без учета/с учетом дисперсности)	$\frac{0,80 \pm 0,02}{2,38 \pm 0,04^2}$	$\frac{1,78 \pm 0,01^3}{4,8 \pm 0,1^{2,3}}$	$\frac{0,23 \pm 0,02}{0,63 \pm 0,04^2}$
<sup>1</sup> – достоверные различия по сравнению с воздействием $PM_{10}$ , при $p < 0,05$ ; <sup>2</sup> – достоверные различия при учете дисперсности TSP, при $p < 0,05$ ; <sup>3</sup> – достоверные различия по сравнению с зоной влияния мобильных источников и «условно-чистой» жилой зоной, при $p < 0,05$ .			

Установлено, что значения индекса опасности (2,4–4,8) и риска острого действия (4,7–34 %) с учетом дисперсности твердых частиц, входящих в состав TSP, превышают аналогичные показатели риска, определенные без учета дисперсного деления частиц (0,8–1,78 и 0,4–6,8 %,  $t=2,6–15,4$ ,  $p < 0,05$ ). Вклад  $PM_{2,5}$  в формирование индекса опасности, обусловленного воздействием TSP, составил 56,1–61,5 %, вклад  $PM_{10}$  – 34,1–41,3 % [2–5, 10, 15].

Таким образом, приоритетными источниками загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами являются стационарные источники выбросов промышленных предприятий, что подтверждается значениями фактических концентраций  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  и TSP, показателей «Р», характеризующих степень опасности загрязнения атмосферного воздуха и уровней риска здоровью.

**Четвертая глава «Оценка загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами с использованием комплексных показателей загрязнения на примере предприятия промышленности строительных материалов».** Из 30 предприятий по производству строительных материалов, включенных в настоящее исследование, по своей специализации отнесены к объектам деревообработки – 20 %, производству изделий из дерева – 20 %, производству строительного бетона и железобетонных конструкций – 23,3 %, цемента и строительных изделий из сыпучих материалов – 13,3 %, производству асфальтобетона – 13,3 % и металлоконструкций – 10 %.

Большинство исследуемых предприятий (63,3 %) по величине валового выброса и значению показателя опасности предприятия ( $M_e=0,12$  т/год,  $x_{25}-x_{75}=0,02–0,88$ ) относилось к умеренно-опасным объектам. На долю твердых частиц приходилось 21,7 % от валового выброса ЗХВ ( $M_e=21,7$ ,  $x_{25}-x_{75}=13,5–38,4$ ). Наибольший удельный вес твердых частиц (38,3 %) отмечался в составе выбросов предприятий по производству строительного бетона и железобетонных конструк-

ций, при этом наибольшее количество твердых частиц ( $M_e=54,53$  т/год,  $x_{25}-x_{75}=51,99-778,47$  т/год) поступало в атмосферный воздух при производстве цемента и строительных изделий из сыпучих материалов.

Качественный состав выбросов твердых частиц представлен многокомпонентной смесью, содержащей от 4 до 21 загрязняющих веществ: твердые частицы, недифференцированные по составу пыль/аэрозоль составили 40,3 %, пыль древесная – 26,4 %, пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния – 22,9 %, металлы и их соединения, в том числе соединения железа, марганца, алюминия, цинка и меди – 3,1 %, неметаллы – 0,3 %.

В районах размещения исследуемых предприятий превышения гигиенических нормативов отмечались в 10,5 % случаев: пыли неорганической, содержащей двуокись кремния – в 3,3 % случаев, железа и его соединений – в 3,2 %, твердых частиц недифференцированных по составу пыль/аэрозоль – в 2,6 %, марганца и его соединений – в 0,7 % и хрома (VI) – в 0,6 % случаев соответственно. Значения показателя «Р» варьировали от 0,48 до 5,36 ( $M_e=1,42$ ,  $x_{25}-x_{75} = 0,87-1,86$ ). В 79,3 % случаев уровень загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами по значению показателя «Р» соответствовал «допустимой» степени загрязнения, в 13,8 % случаев – «слабой» и в 6,9 % случаев – «умеренной».

В качестве объекта для исследования было выбрано предприятие, соответствующее по основным характеристикам группе исследуемых предприятий: специализация – производство цемента и строительных изделий из сыпучих материалов; степень опасности по дифференцированной шкале с учетом величины валового выброса и показателя опасности предприятия – «умеренно-опасная»; доля твердых частиц в валовом выбросе составила от 14,5–13,7 % или 778,1–778,5 т/год (в 2010–2013 гг.) до 8,7–7,6 % или 465,6–9,8 т/год (в 2014–2017 гг.).

Качественный состав выбросов твердых частиц представлен многокомпонентной смесью, содержащей 15 загрязняющих веществ. В составе выбросов 99,67±0,19 % составили твердые частицы, недифференцированные по составу пыль/аэрозоль, и 0,33±0,13 % – выбросы пыли древесной, соединений цинка, железа, свинца, марганца, кадмия, хрома, никеля.

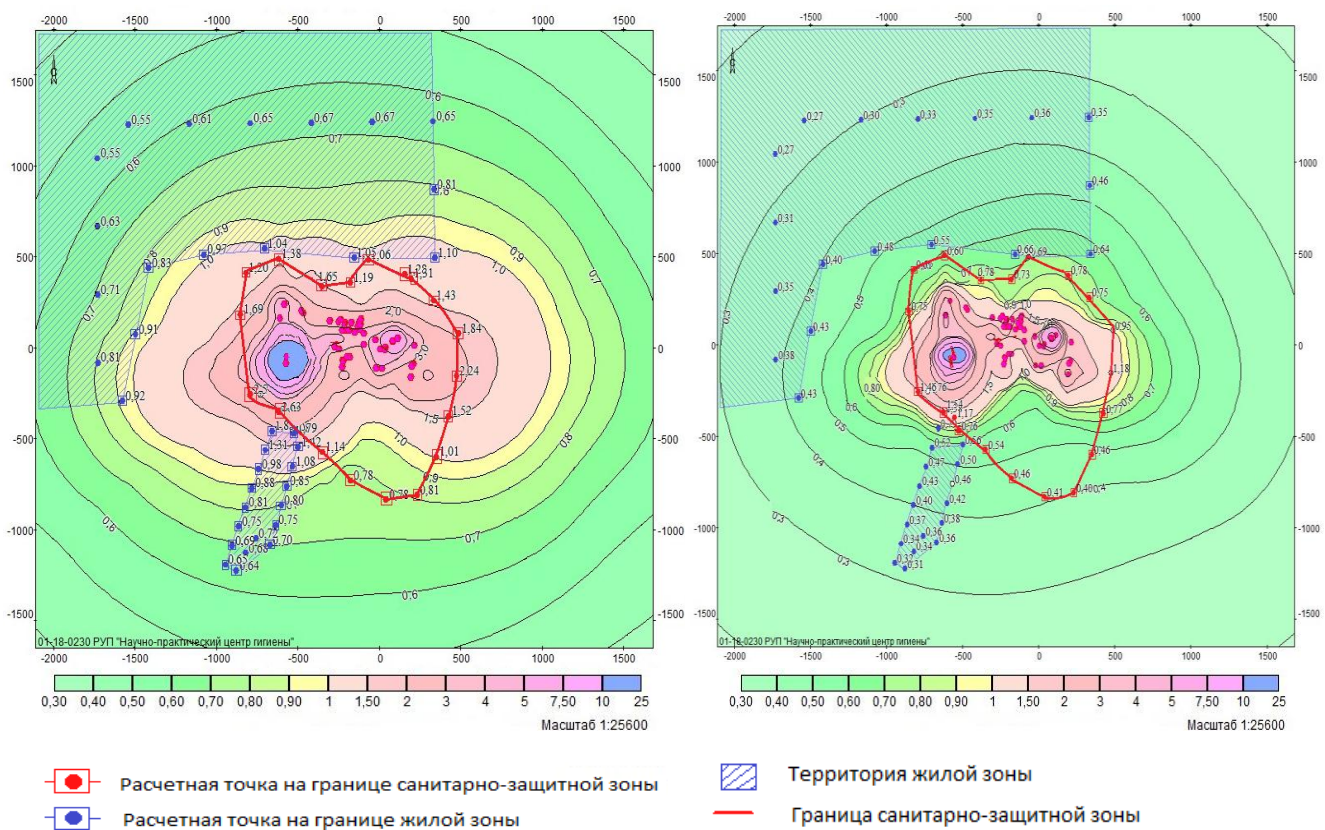
Содержание твердых частиц в районе исследуемого предприятия по результатам моделирования рассеивания выбросов и аналитического лабораторного контроля превышало значения гигиенического норматива на расстоянии до 1350 м от границы производственной площадки в период максимальных выбросов твердых частиц (2010–2013 гг.). Наибольший удельный вес проб с превышениями ПДК<sub>м.р.</sub> отмечался на расстоянии до 800 м (25,9 %) от границы производственной площадки, на этом же расстоянии фиксировались максимальные значения концентраций твердых частиц в 1,83–2,59 ПДК<sub>м.р.</sub> Значения комплексного показателя «Р» загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами фракций РМ<sub>10</sub> и

$PM_{2,5}$  варьировали от 1,50 до 2,34 (от «допустимой» до «слабой» степени загрязнения атмосферного воздуха), величина «IQA» изменялась от 89,02 до 125,99 (от «умеренной» до «неблагоприятной» категории опасности загрязнения атмосферного воздуха).

Реализация мероприятий по снижению производственных выбросов в 2014–2017 гг. позволила снизить выбросы твердых частиц до 465,62 т/год в 2014 году и до 9,81 т/год в 2015–2017 гг. При этом значения комплексных показателей «Р» составили 1,78–1,72 («допустимая» степень загрязнения атмосферного воздуха), «IQA» – 98,31–100,0 («умеренная» категория загрязнения атмосферного воздуха).

Периоды максимальных и минимальных производственных выбросов твердых частиц характеризовались статистически значимыми различиями в уровнях загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами ( $t=2,6$ ,  $p<0,05$ ). Выявлено наличие умеренной положительной взаимосвязи между величиной выброса твердых частиц (т/год) и степенью загрязнения атмосферного воздуха по показателю «Р» ( $R_{\text{Спирмена}}=0,4$ ,  $p<0,05$ ) и «IQA» ( $R_{\text{Спирмена}}=0,47$ ,  $p<0,05$ ) [6, 7, 10].

Для оценки влияния дисперсности на распространение твердых частиц в атмосферном воздухе с применением моделирования рассеивания выбросов были установлены зоны загрязнения атмосферного воздуха TSP без учета и с учетом их фракционного состава (рисунок 1).



**Рисунок 1. – Изолинии рассеивания твердых частиц с учетом дисперсного состава (а) и без учета дисперсного состава (б)**

При равной величине промышленных выбросов зона загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами с учетом их дисперсного состава характеризуется большим радиусом, чем без учета фракционного деления частиц.

**Пятая глава «Гигиеническая оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами на заболеваемость населения».** В районе исследуемого предприятия общая заболеваемость детского населения в группах 5–9 и 10–14 лет в период 2010–2013 гг. характеризовалась выраженной тенденцией к росту ( $T_{пр.}=9,9\%$  и  $15,9\%$ ). Наибольшие значения темпа прироста отмечались в 2012 г. и 2013 г. во время максимального выброса твердых частиц ( $T_{пр.}=19,0\%$  и  $9,1\%$  в группе 5–9 лет,  $T_{пр.}=23,5\%$  и  $31,4\%$  в группе 10–14 лет). В период 2014–2017 гг. динамика уровней общей заболеваемости являлась относительно стабильной в возрастной группе 5–9 лет ( $T_{пр.}=-0,7\%$ ) и характеризовалась умеренной тенденцией к снижению в возрастной группе 10–14 лет ( $T_{пр.}=-4,7\%$ ). Наибольший темп снижения общей заболеваемости отмечался в 2014 году на фоне снижения выбросов твердых частиц в 1,7 раза с 778,47 т/год до 465,62 т/год ( $T_{пр.}=-6,0\%$  в группе 5–9 лет и  $T_{пр.}=-10,6\%$  в группе 10–14 лет).

В структуре общей заболеваемости детского населения 75 % составляли болезни органов дыхания. Определено, что в период 2010–2013 гг. общая заболеваемость болезнями органов дыхания, в том числе острыми респираторными инфекциями верхних дыхательных путей, характеризовалась выраженной тенденцией к росту как в группе детей 5–9 лет ( $T_{пр.}=13,8\%$  и  $14,9\%$ ), так и 10–14 лет ( $T_{пр.}=21,4\%$  и  $30,3\%$ ).

В период 2014–2017 гг. отмечалась умеренная тенденция к росту общей заболеваемости болезнями органов дыхания, в том числе острыми респираторными инфекциями в группе детей 5–9 лет ( $T_{пр.}=2,6\%$ ,  $2,0\%$ ), а также умеренная тенденция к снижению общей заболеваемости болезнями органов дыхания ( $T_{пр.}=-1,9\%$ ) и стабилизация динамики заболеваемости острыми респираторными инфекциями верхних дыхательных путей в группе детей 10–14 лет ( $T_{пр.}=0,1\%$ ). Уровень общей заболеваемости болезнями органов дыхания в 2017 году снизился на 4,7 % по сравнению с уровнем 2013 года в группе детей 5–9 лет и на 16,8 % в группе детей 10–14 лет.

Для определения критерия, наиболее точно отражающего степень опасности загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами, проведен корреляционный анализ между значениями комплексных показателей загрязнения атмосферного воздуха (показатель «Р», «IQA») и общей заболеваемостью. Установлено наличие положительной корреляционной связи высокой силы между изменениями показателей «IQA», отражающих степень опасности загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами с учетом их дисперсного состава, и показателями динамики общей заболеваемости детского населения ( $R=0,89$ ,

$p=0,01$ ), в том числе болезнями органов дыхания ( $R=0,81$ ,  $p=0,03$ ) и острыми респираторными инфекциями верхних дыхательных путей ( $R=0,78$ ,  $p=0,04$ ) [6–8].

Для оценки вероятности неблагоприятного влияния загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами на здоровье населения с использованием методологии оценки риска определены максимальные значения потенциального риска здоровью населения в условиях острого и хронического воздействия  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  (таблица 4). Результаты исследования позволили установить положительные корреляционные связи высокой и очень высокой силы в анализируемые периоды между значениями рисков острого/хронического действия  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  и показателями общей заболеваемости детского населения ( $R=0,84–0,90$ ,  $p<0,05$ ), в том числе болезнями органов дыхания ( $R=0,76–0,82$ ,  $p<0,05$ ) и болезнями системы кровообращения ( $R=0,91–0,94$ ,  $p<0,04$ ).

Таблица 4. – Риск острого и хронического действия  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  на исследуемой территории в 2010–2017 гг.

Показатель	2010–2013 гг.	2014–2017 гг.
Риск острого действия $PM_{10}$ , %	3,3 (удовлетворительный)	1,1 (приемлемый)
Риск острого действия $PM_{2,5}$ , %	9,4 (удовлетворительный)	3,9 (удовлетворительный)
Риск хронического действия $PM_{10}$ , %	6,2 (вызывающий опасение)	4,7 (приемлемый)
Риск хронического действия $PM_{2,5}$ , %	7,4 (вызывающий опасение)	5,0 (приемлемый)

Выявлено наличие положительной связи высокой силы между значениями риска хронического действия  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  и показателями общей заболеваемости детского населения острыми респираторными инфекциями верхних дыхательных путей ( $R=0,78–0,80$ ,  $p<0,05$ ). Между темпами прироста значений риска и общей заболеваемости, в том числе болезнями органов дыхания, острыми респираторными инфекциями верхних дыхательных путей, болезнями системы кровообращения установлена положительная связь очень высокой силы ( $R=0,93–0,98$ ,  $p<0,05$ ).

Определение эффектов влияния загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами на отдельные органы и системы проведено по значениям индексов опасности при остром и хроническом воздействии  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  (таблица 5).

Таблица 5. – Индексы опасности при остром и хроническом действии  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  на исследуемой территории в 2010–2017 гг.

Показатель	2010–2013 гг.	2014–2017 гг.
Индекс опасности при остром действии $PM_{10}$ , %	1,1 (средний)	1,0 (низкий)
Индекс опасности при остром действии $PM_{2,5}$ , %	1,9 (средний)	1,7 (средний)
Индекс опасности при хроническом действии $PM_{10}$ , %	1,7 (средний)	1,3 (средний)
Индекс опасности при хроническом действии $PM_{2,5}$ , %	2,1 (средний)	1,6 (средний)

Отмечено, что максимальные значения индексов опасности развития неблагоприятных эффектов со стороны критических органов и систем в анализируемые периоды формируются при остром и хроническом воздействии  $PM_{2,5}$ . Установлена положительная связь между значениями индексов опасности в условиях острого/хронического воздействия  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  и показателями общей заболеваемости детского населения, в том числе болезнями органов дыхания и острыми респираторными инфекциями верхних дыхательных путей во всех исследуемых возрастных группах ( $R=0,78-0,83$ ,  $p<0,05$  в группе 1–4 года,  $R=0,74-0,87$ ,  $p<0,05$  в группе 5–14 лет,  $R=0,82-0,97$ ,  $p<0,05$  в группе 15–17 лет). Выявлена положительная связь высокой силы между значениями индексов опасности при остром воздействии  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  и общей заболеваемостью аллергическим ринитом в группе детей 10–14 лет ( $R=0,79$ ,  $p<0,05$ ), а также между значениями индексов опасности при хроническом воздействии  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  и общей заболеваемостью астмой в группе детей 5–9 лет ( $R=0,89$ ,  $p<0,05$ ) [6–8, 13].

Таким образом, установлены закономерные зависимости динамики показателей риска и общей заболеваемости детского населения в зависимости от уровней загрязнения атмосферного воздуха  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$ . Указанные закономерности являются обоснованием использования в качестве критериев гигиенической оценки влияния на здоровье населения загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами значений рисков острого и хронического действия, индексов опасности для критических органов и систем.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

### **Основные научные результаты диссертации**

1. Впервые изучен дисперсный состав твердых частиц, загрязняющих атмосферный воздух на территориях жилой застройки, и установлено, что в составе фоновых концентраций суммы твердых частиц на долю  $PM_{10}$  приходится  $55,0\pm 0,02\%$ ; в зонах влияния выбросов мобильных источников вклад  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  в формирование концентраций TSP составлял соответственно  $54,0\pm 7,9\%$  и  $40,0\pm 9,2\%$ ; в зонах влияния выбросов стационарных источников –  $58,3\pm 0,05\%$  и  $34,4\pm 0,2\%$ . Значения индекса опасности и риска острого действия с учетом дисперсности твердых частиц, входящих в состав TSP (2,4–4,8 и 5–34 %), превышали аналогичные показатели риска здоровью, определенные без учета дисперсного состава частиц (0,8–1,8 и 0,4–6,8 %,  $p<0,05$ ). Значения индекса опасности и риска острого действия  $PM_{2,5}$  (1,5–2,7 и 4–23 %) были достоверно выше аналогичных показателей риска здоровью, обусловленных действием  $PM_{10}$  (0,8–2,0 и 0,5–11 %,  $p<0,05$ ), что определило и более высокий вклад  $PM_{2,5}$  (56,1–61,5 %) в показатели риска здоровью, обусловленного воздействием TSP, чем  $PM_{10}$  (34,1–41,3 %) [2, 3, 4, 5, 10, 15].



2. Фоновые концентрации  $PM_{10}$  ( $44,1 \pm 0,5$  мкг/м<sup>3</sup>) и TSP ( $80,1 \pm 1,2$  мкг/м<sup>3</sup>) в атмосферном воздухе 450 территориально-промышленных комплексов не превышали установленных значений гигиенических нормативов, при этом вклад фоновых концентраций TSP в величину комплексного показателя «Р» загрязнения атмосферы, а также в формирование показателей риска здоровью составил более 30 % [3, 11, 14].

3. Максимальные значения в атмосферном воздухе концентраций  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  и TSP с их превышением гигиенических нормативов соответственно в 2,0, 2,7 и 1,7 раз отмечались в зонах влияния стационарных источников выбросов промышленных предприятий и были выше, чем в зоне влияния мобильных источников ( $p < 0,05$ ), в которой отмечено превышение норматива содержания  $PM_{2,5}$  (в 1,5 раза). Загрязнение мелкодисперсными твердыми частицами атмосферного воздуха характеризуется «умеренной» степенью в зоне влияния стационарных источников выбросов (показатель «Р»= $3,4 \pm 0,1$ ) и «слабой» степенью – в зоне влияния мобильных источников (показатель «Р»= $1,70 \pm 0,03$ ). Значения индексов опасности и риска острого действия  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$ , TSP в зоне влияния стационарных источников превышают аналогичные показатели риска, установленные в зоне влияния мобильных источников ( $p < 0,05$ ) [1, 2, 4, 5, 9, 12].

4. Выявлена однонаправленная динамика и достоверно высокая связь между темпами прироста значений индексов опасности, рисков острого/хронического действия  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  и темпами прироста общей заболеваемости детского населения болезнями органов дыхания ( $R=0,93-0,98$ ,  $p < 0,05$ ) и системы кровообращения ( $R=0,94-0,98$ ,  $p < 0,05$ ) при «умеренной» и «неблагоприятной» степени загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами [6, 7, 8].

5. Установленные взаимосвязи между величиной выброса твердых частиц и значением индекса качества атмосферного воздуха «IQA» ( $R=0,47$ ,  $p=0,05$ ), а также общие закономерности изменения значений индекса «IQA» и динамики общей заболеваемости детского населения ( $R=0,89$ ,  $p=0,01$ ), в том числе болезнями органов дыхания ( $R=0,81$ ,  $p=0,03$ ) и острыми респираторными инфекциями верхних дыхательных путей ( $R=0,78$ ,  $p=0,04$ ) обосновывают возможность применения индекса «IQA» в качестве количественного показателя (критерия) гигиенической оценки степени загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами с учетом их дисперсного состава [6, 7, 10].

6. Значения рисков острого и хронического действия, индексов опасности для критических органов и систем могут являться гигиеническими критериями оценки влияния загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами на здоровье населения, что подтверждается установленными количественными связями между показателями риска острого/хронического действия  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ , индексами опасности и показателями общей заболеваемости детского

населения, заболеваемости болезнями органов дыхания во всех анализируемых возрастных группах детей ( $R=0,78-0,83$ ,  $p<0,05$  в группе 1–4 года,  $R=0,74-0,87$ ,  $p<0,05$  в группе 5–14 лет,  $R=0,82-0,97$ ,  $p<0,05$  в группе 15–17 лет) [6, 7, 8, 13].

### **Рекомендации по практическому применению результатов**

Применение разработанных Санитарных норм и правил «Требования к атмосферному воздуху населенных пунктов и мест массового отдыха населения» [18], инструкций по применению № 005-0314 [16], № 002-0315 [17], № 004-0617 [19] обеспечивает гигиеническую оценку содержания  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  в атмосферном воздухе и их влияния на здоровье населения, объективный контроль дисперсного состава твердых частиц, определение зон влияния производственных источников на прилегающие территории для установления оптимальных размеров санитарно-защитных зон, оценки эффективности мероприятий по защите населения от воздействия твердых частиц. Разработки используются в практической работе организаций, осуществляющих государственный санитарный надзор и учреждений образования системы здравоохранения (16 актов о внедрении).

### **Список публикаций соискателя ученой степени**

#### **Статьи в научных рецензируемых журналах и сборниках трудов**

1. Просвирякова, И. А. Методические подходы к организации аналитического (лабораторного) контроля загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на границе санитарно-защитной и жилой зоны / И. А. Просвирякова // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр гигиены. – Минск, 2014. – Вып. 24, т. 1. – С. 18–20.

2. Просвирякова, И. А. Методические подходы к гигиенической оценке содержания мелкодисперсных твердых частиц в атмосферном воздухе / И. А. Просвирякова // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр гигиены. – Минск, 2015. – Вып. 25, т. 1. – С. 85–87.

3. Просвирякова, И. А. Исследования фонового уровня содержания твердых частиц в атмосферном воздухе / И. А. Просвирякова, Л. М. Шевчук // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр гигиены. – Минск, 2016. – Вып. 26. – С. 53–55.

4. Просвирякова, И. А. Оценка содержания твердых частиц  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  в атмосферном воздухе на территории жилой застройки в зоне влияния выбросов автотранспорта / И. А. Просвирякова, Л. М. Шевчук // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр гигиены. – Минск, 2017. – Вып. 27. – С. 51–54.

5. Просвирякова, И. А. Гигиеническая оценка содержания твердых частиц  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  в атмосферном воздухе и риска для здоровья жителей в зоне вли-

яния выбросов стационарных источников промышленных предприятий / И. А. Просвирякова, Л. М. Шевчук // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 2. – С. 14–22.

6. Просвирякова, И. А. Гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами на примере предприятий по производству строительных материалов / И. А. Просвирякова, Л. М. Шевчук // Вестн. Витеб. гос. мед. ун-та. – 2018. – Т. 17, № 4. – С. 78–83.

#### **Статьи в научных журналах**

7. Просвирякова, И. А. Гигиеническая оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами на здоровье населения / И. А. Просвирякова, Л. М. Шевчук // Медицина труда и экология человека. – 2018. – № 3. – С. 28–32.

#### **Статьи в сборниках научных трудов, материалах конференций**

8. Шевчук, Л. М. Анализ риска здоровью в системе предупредительного санитарного надзора в Республике Беларусь / Л. М. Шевчук, И. А. Просвирякова // Актуальные проблемы безопасности и анализа риска здоровью населения при воздействии факторов среды обитания : материалы VI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Пермь, 13–15 мая 2015 г. / Федер. служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека [и др.] ; под ред. А. Ю. Поповой, Н. В. Зайцевой. – Пермь, 2015. – С. 106–110.

9. Гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами / И. А. Просвирякова, Л. М. Шевчук, С. М. Соколов, Т. Д. Гриценко, А. Н. Ганькин, А. Е. Пшегорода // Санитарно-эпидемиологическая служба Республики Беларусь: история, актуальные проблемы на современном этапе и перспективы развития : сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. «Здоровье и окружающая среда», посвящ. 90-летию санитар.-эпидемиол. службы Респ. Беларусь, Минск, 28 окт. 2016 г. : в 2 т. / Белорус. гос. мед. ун-т ; редкол.: Н. П. Жукова [и др.]. – Минск, 2016. – Т. 2. – С. 28–30.

10. Просвирякова, И. А. Анализ риска здоровью с учетом дисперсного и компонентного состава твердых частиц в атмосферном воздухе / И. А. Просвирякова, Л. М. Шевчук // Сборник материалов республиканской научно-практической конференции с международным участием «Здоровье и окружающая среда», посвященной 90-летию республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» : в 2 т. / Науч.-практ. центр гигиены ; редкол.: С. И. Сычик [и др.]. – Минск, 2017. – Т. 1. – С. 40–42.

11. Просвирякова, И. А. Гигиеническая оценка фонового загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами / И. А. Просвирякова, Л. М. Шевчук // Российская гигиена – развивая традиции, устремляемся в будущее : материалы XII Всерос. съезда гигиенистов и санитар. врачей, Москва, 17–18 нояб. 2017 г. : [в 2 т.] / Федер. служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благопо-

лучия человека [и др.] ; под ред. А. Ю. Поповой, В. Н. Ракитского, Н. В. Шестопалова. – М., 2017. – Т. 2. – С. 376–379.

#### **Тезисы докладов**

12. Просвирякова, И. А. Применение оценки риска здоровья населения при установлении (корректировке) санитарно-защитных зон / И. А. Просвирякова, Л. М. Шевчук // Сахаровские чтения 2015 года: экологические проблемы XXI века : материалы 15-й междунар. науч. конф., Минск, 21–22 мая 2015 г. / Междунар. гос. экол. ун-т Белорус. гос. ун-та ; под общ. ред. С. С. Позняка, Н. А. Лысухо. – Минск, 2015. – С. 90–91.

13. Просвирякова, И. А. Методические подходы к организации аналитического (лабораторного) контроля загрязняющих веществ в атмосферном воздухе / И. А. Просвирякова, Л. М. Шевчук // Сахаровские чтения 2015 года: экологические проблемы XXI века : материалы 15-й междунар. науч. конф., Минск, 21–22 мая 2015 г. / Междунар. гос. экол. ун-т Белорус. гос. ун-та ; под общ. ред. С. С. Позняка, Н. А. Лысухо. – Минск, 2015. – С. 144.

14. Просвирякова, И. А. Гигиеническая оценка фонового уровня содержания твердых частиц в атмосферном воздухе населенных пунктов / И. А. Просвирякова, Л. М. Шевчук // Современные методологические проблемы изучения, оценки и регламентирования факторов окружающей среды, влияющих на здоровье человека : материалы Междунар. Форума Науч. совета Рос. Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды, посвящ. 85-летию ФГБУ «НИИ ЭЧ и ГОС им. А. Н. Сысина» Минздрава России, 15–16 дек. 2016. : в 2 т. / М-во здравоохранения Рос. Федерации, Отд-ние мед. наук Рос. акад. наук ; под ред. Ю. А. Рахманина. – М., 2016. – Т. 2. – С. 127–130.

15. Комплексная гигиеническая оценка источников загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов мелкодисперсными твердыми частицами (PM<sub>10</sub> и PM<sub>2,5</sub>) / И. А. Просвирякова, Л. М. Шевчук, С. М. Соколов, А. Н. Ганькин, Т. Д. Гриценко, А. Е. Пшегорода // Сахаровские чтения 2018 года: экологические проблемы XXI века : материалы 18-й междунар. науч. конф., Минск, 17–18 мая 2018 г. : в 3 ч. / Междунар. гос. экол. ин-т Белорус. гос. ун-та ; под общ. ред. С. А. Маскевича, С. С. Позняка. – Минск, 2018. – Ч. 2. – С. 84–85.

#### **Нормативно-методические документы**

16. Метод аналитического (лабораторного) контроля загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на границе санитарно-защитной и жилой зоны : инструкция по применению : утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь, 25 марта 2014 г., № 005-0314 / Науч.-практ. центр гигиены ; разработ.: С. И. Сычик, Л. М. Шевчук, С. М. Соколов, И. В. Суворова, И. А. Просвирякова, С. Т. Андрианова, Т. Д. Гриценко, А. Н. Ганькин, А. Е. Пшегорода. – Минск : [б. и.], 2014. – 16 с.

17. Метод гигиенической оценки содержания твердых частиц общей фракции и аэродинамическим диаметром 10 мкм и 2,5 мкм в атмосферном воздухе населенных пунктов : инструкция по применению : утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь, 20 марта 2015 г., № 002-0315 / Науч.-практ. центр гигиены ; разработ.: С. И. Сычик, Л. М. Шевчук, И. А. Просвирякова, И. В. Суворова, С. М. Соколов, Т. Д. Гриценко, А. Н. Ганькин, А. Е. Пшегорода. – Минск : [б. и.], 2015. – 10 с.

18. Санитарные нормы и правила «Требования к атмосферному воздуху населенных пунктов и мест массового отдыха населения» : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 30 дек. 2016 г., № 141 // Коммунальная гигиена : сб. норматив. док. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь. – Минск, 2017. – Вып. 28. – С. 4–7.

19. Оценка риска для жизни и здоровья населения от воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе : инструкция по применению : утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь, 31 авг. 2017 г., № 004-0617 / Науч.-практ. центр гигиены ; разработ.: С. И. Сычик, Л. М. Шевчук, С. М. Соколов, И. А. Просвирякова, А. Е. Пшегорода, Т. Д. Гриценко, А. Н. Ганькин. – Минск : [б. и.], 2017. – 107 с.

## РЭЗІЮМЭ

### Прасвіракова Іна Анатольеўна Гігіенічная ацэнка забруджвання атмасфернага паветра дробнадысперснымі цвёрдымі часцінкамі як фактару рызыкі здароўю насельніцтва

**Ключавыя словы:** забруджванне атмасфернага паветра, дробнадысперсныя цвёрдыя часцінкі, ацэнка рызыкі здароўю, крытэрыі гігіенічнай ацэнкі, дысперсны склад.

**Мэта даследавання:** абгрунтаваць крытэрыі гігіенічнай ацэнкі ступені забруджвання атмасфернага паветра дробнадысперснымі цвёрдымі часцінкамі і іх уплыву на здароўе насельніцтва.

**Метады даследавання:** санітарна-гігіенічны, лабараторны аналітычны, эпідэміялагічны, матэматычнага мадэлявання.

**Атрыманыя вынікі і іх навізна:** выканана гігіенічная ацэнка забруджвання атмасфернага паветра населеных месцаў дробнадысперснымі цвёрдымі часцінкамі на падставе вынікаў даследавання фактычных канцэнтрацый цвёрдых часцінак дысперснасцю 10 і 2,5 мкм, ступені небяспекі забруджвання атмасфернага паветра і ўзроўняў рызыкі здароўю. Выяўлены заканамернасці змяненняў узроўняў рызыкі і паказчыкаў захворвання дзіцячага насельніцтва ў залежнасці ад ступені забруджвання атмасфернага паветра дробнадысперснымі цвёрдымі часцінкамі. Усталявана колькасная сувязь паміж значэннямі рызык вострага і хранічнага дзеяння цвёрдых часцінак дысперснасцю 10 і 2,5 мкм і паказчыкамі захворвання дзіцячага насельніцтва хваробамі органаў дыхання. Вызначаны крытэрыі гігіенічнай ацэнкі ступені забруджвання атмасфернага паветра цвёрдымі часцінкамі з улікам іх дысперснага складу і крытэрыі ацэнкі ўплыву забруджвання атмасфернага паветра дробнадысперснымі цвёрдымі часцінкамі на здароўе насельніцтва. Распрацаваны метадычныя падыходы да вызначэння ступені небяспекі забруджвання атмасфернага паветра цвёрдымі часцінкамі з улікам іх дысперснасці.

**Рэкамендацыі па выкарыстанні:** у практыцы дзяржаўнага санітарнага нагляду пры правядзенні ацэнкі рызыкі здароўю насельніцтва ад уздзеяння забруджвальных хімічных рэчываў у атмасферным паветры і абгрунтаванні аптымальных памераў санітарна-ахоўных зон прамысловых аб'ектаў.

**Вобласць выкарыстання:** Міністэрства аховы здароўя, органы і ўстановы, якія ажыццяўляюць дзяржаўны санітарны нагляд, установы адукацыі, навукова-даследчыя цэнтры гігіенічнага профілю.

**РЕЗЮМЕ****Просвирякова Инна Анатольевна****Гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами как фактора риска здоровью населения**

**Ключевые слова:** загрязнение атмосферного воздуха, мелкодисперсные твердые частицы, оценка риска здоровью, критерии гигиенической оценки, дисперсный состав.

**Цель работы:** обосновать критерии гигиенической оценки степени загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами и их влияния на здоровье населения.

**Методы исследования:** санитарно-гигиенический, лабораторный аналитический, эпидемиологический, математического моделирования.

**Полученные результаты и их новизна:** выполнена гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха населенных мест мелкодисперсными твердыми частицами на основании результатов исследования фактических концентраций твердых частиц дисперсностью 10 и 2,5 мкм, степени опасности загрязнения атмосферного воздуха и уровней риска здоровью. Выявлены закономерности изменений уровней риска и показателей заболеваемости детского населения в зависимости от степени загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами. Установлена количественная связь между значениями рисков острого и хронического действия твердых частиц дисперсностью 10 и 2,5 мкм и показателями заболеваемости детского населения болезнями органов дыхания. Определены критерии гигиенической оценки степени загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами с учетом их дисперсного состава и критерии оценки влияния загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами на здоровье населения. Разработаны методические подходы к определению степени опасности загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами с учетом их дисперсности.

**Рекомендации по использованию:** в практике государственного санитарного надзора при проведении оценки риска здоровью населения от воздействия загрязняющих химических веществ в атмосферном воздухе и обосновании оптимальных размеров санитарно-защитных зон промышленных объектов.

**Область применения:** Министерства здравоохранения, органы и учреждения, осуществляющие государственный санитарный надзор, учреждения образования, научно-исследовательские центры гигиенического профиля.

## SUMMARY

**Prosvirakova Inna Anatolyevna**

### **Hygienic assessment of atmospheric air pollution by finely dispersed solid particles as a risk factor of health of the population**

**Key words:** pollution of atmospheric air, finely dispersed solid particles, assessment of risk to health, criteria for hygienic assessment, dispersed composition.

**The aim of research:** substantiate the criteria for hygienic assessment of the degree of air pollution by finely dispersed solid particles and their impact on public health.

**Methods of research:** hygienic, laboratory analysis, epidemiological, mathematical modeling.

**The obtained results and their novelty:** hygienic assessment of atmospheric air pollution in populated areas with finely dispersed solid particles was made on the basis of the results of the study of actual concentrations of solid particles with a dispersion of 10 and 2,5 microns, the degree of air pollution risk and the level of health risk. The patterns of changes in risk levels and indices of the incidence of the child population were determined depending on the degree of atmospheric air pollution by finely dispersed solid particles. A quantitative relationship between the values of the risks of acute and chronic action of solid particles with a dispersion of 10 and 2,5 microns and indicators of childhood morbidity in respiratory diseases was established. The criteria for hygienic assessment of the degree of atmospheric air pollution by solid particles, taking into account their dispersion composition, and criteria for assessing the influence of atmospheric air pollution by finely dispersed solid particles on the health of the population were determined. Methodical approaches were developed to determine the degree of danger of atmospheric air pollution by solid particles, taking into account their dispersion.

**Recommendations for use:** in the practice of state sanitary supervision in conducting an assessment of the risk to health of the population from the effects of polluting chemicals in the atmospheric air and justifying the optimal size of the sanitary protection zones of industrial facilities.

**Field of application:** Ministry of Health, bodies and institutions that carry out state sanitary supervision, educational institutions, research centers of hygienic profile.